



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED DE
NODOS INTELIGENTES PARA SUPERVISAR LA
CALIDAD Y NIVELES DEL AGUA POTABLE EN LOS
TANQUES DE RESERVA DE EP-EMAPAR”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Tipo: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO

Presentado para optar al Grado Académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTORES: CRISTIAN WILLIAM MOYÓN RIVERA
 DAYANA KARINA ORDÓÑEZ BERRONES

TUTOR: ING. JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR

Riobamba-Ecuador

2019

© Cristian William Moyón Rivera y Dayana Karina Ordóñez Berrones

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED DE NODOS INTELIGENTES PARA SUPERVISAR LA CALIDAD Y NIVELES DEL AGUA POTABLE EN LOS TANQUES DE RESERVA DE EP-EMAPAR de responsabilidad de los señores CRISTIAN WILLIAM MOYÓN RIVERA y DAYANA KARINA ORDÓÑEZ BERRONES, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Patricio Romero DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES	_____	_____
Msc. José Guerra DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Dr. Geovanny Vallejo MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

Nosotros, Cristian William Moyón Rivera y Dayana Karina Ordóñez Berrones somos responsables de las ideas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Cristian William Moyón Rivera
Dayana Karina Ordóñez Berrones

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis padres quienes estuvieron apoyándome de una u otra manera en todo este proceso estudiantil para lograr culminar mi carrera de ingeniería.

Dedicado a mí persona, porque sin mi esfuerzo y perseverancia habría sido imposible lograr cumplir una de mis metas.

Cristian

El presente trabajo quiero dedicar a Dios por haberme guiado en todo momento de mi vida y llegar hasta este punto en mi carrera profesional.

A mis padres por estar conmigo en todo momento y nunca dejar que me rinda.

A mi hermano que es mi ejemplo a seguir y a mi sobrino por alentarme cada día a continuar adelante.

Y a todas las personas que han estado pendientes de mí durante este proceso universitario.

Dayana

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios por otorgarme salud y vida, por brindarme fuerza y sabiduría para seguir adelante en los momentos difíciles y no decaer para lograr culminar mi carrera, por haberme permitido vivir una gran experiencia universitaria junto a mis compañeros y amigos de clases.

A mis padres por brindarme su apoyo incondicional y tolerar mis errores durante mi preparación académica, por el esfuerzo que hacían por verme cumplir mi meta. ¡Todo esto es gracias a ustedes!

Cristian

Agradezco a Dios por haberme bendecido con la vida de cada día y darme la fuerza necesaria al elegir mi carrera profesional y continuar en ella.

Gracias a mis padres Nora y Fernando porque son mi motor en la vida, su apoyo absoluto en mi carrera universitaria y en la vida personal es importante en el cumplimiento de este sueño.

Gracias a mi hermano y sobrino porque han estado pendientes de mí en esta etapa y me han apoyado en lo que les he necesitado.

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme abierto las puertas de su institución para poder formarme profesionalmente, de igual manera a sus docentes quienes me han podido guiar y compartir sus conocimientos para instruirme en el camino del saber.

Gracias a mis compañeros de clase que me ayudaron y colaboraron cuando los necesité, y a amigos que desde que les conocí me han incentivado a seguir adelante en mis tareas y por eso los llevo en mi corazón.

Dayana

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Sistema de Distribución de Agua Potable	4
1.2 Calidad del Agua Potable.....	5
<i>1.2.1 Parámetros de la calidad de agua.....</i>	<i>5</i>
<i>1.2.2 Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua.</i>	<i>7</i>
1.3 Sistemas de Supervisión de Agua potable.....	8
<i>1.3.1 Sistemas de supervisión de agua potable a nivel mundial.....</i>	<i>8</i>
1.4 Análisis de la supervisión de agua potable en el país.....	10
<i>1.4.1 Realidad de la Zona.....</i>	<i>11</i>
<i>1.4.2 Trabajos realizados en Riobamba sobre supervisión de agua.....</i>	<i>14</i>
1.5 Red de comunicaciones	15
<i>1.5.1 Comunicación Inalámbrica.....</i>	<i>16</i>
1.6 Red de Nodos Inteligentes	17
<i>1.6.1 Elementos de una Red Inalámbrica.</i>	<i>18</i>
<i>1.6.2 Componentes de un nodo de la red inalámbrica</i>	<i>19</i>
<i>1.6.3 Topología de la red.....</i>	<i>20</i>
<i>1.6.4 Tarjetas de desarrollo para la Red de Inalámbrica de nodos inteligentes.</i>	<i>21</i>

CAPÍTULO II

2.	DISEÑO DEL PROTOTIPO DE RED DE NODOS INTELIGENTES	23
2.1	Requerimientos de la red de supervisión SAIR	23
2.1.1	<i>Concepción de la arquitectura general de la red de supervisión SAIR.</i>	<i>24</i>
2.1.2	<i>Diseño de la Arquitectura de la Red de Nodos Inteligentes SAIR.....</i>	<i>25</i>
2.2	Selección de elementos que conforman el SAIR	27
2.2.1	<i>Tarjetas de desarrollo.....</i>	<i>27</i>
2.2.2	<i>Módulo SIM900 GSM/GPRS.....</i>	<i>28</i>
2.2.3	<i>Sensor de nivel.....</i>	<i>30</i>
2.2.4	<i>Sensor de Oxígeno Disuelto (OD).....</i>	<i>31</i>
2.2.5	<i>Sensor de Potencial de Hidrógeno (PH).....</i>	<i>32</i>
2.2.6	<i>Sensor de Conductividad.....</i>	<i>34</i>
2.2.7	<i>Sensor de Potencial de Óxido Reducción (ORP).....</i>	<i>36</i>
2.3	Software OPNET Riverbed Modeler Academic para el estudio y análisis de topología de red	38
2.4	Esquema de conexión del Sistema Inalámbrico.....	39
2.4.1	<i>Diagrama de conexión de la Etapa de Procesamiento de Datos</i>	<i>39</i>
2.4.2	<i>Diagrama de conexión de la etapa de Transmisión de Datos.....</i>	<i>40</i>
2.4.3	<i>Diagrama de conexión de la etapa de Supervisión de la Información</i>	<i>41</i>
2.5	Alimentación de la Red Inalámbrica de Supervisión del Agua	41
2.6	Requerimiento Software de la Red Inalámbrica de Supervisión del Agua	42
2.6.1	<i>Requerimiento software para la etapa de Procesamiento de Datos.....</i>	<i>42</i>
2.6.2	<i>Requerimiento software para el Módulo de Transmisión</i>	<i>42</i>
2.6.3	<i>Requerimiento software para la etapa de Supervisión de la Información.....</i>	<i>43</i>
2.6.4	<i>Programación del prototipo de red.</i>	<i>43</i>
2.6.5	<i>Software de desarrollo del sistema.....</i>	<i>46</i>
2.6.6	<i>Presentación y visualización de información de SAIR</i>	<i>49</i>

CAPÍTULO III

3.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	52
-----------	-----------------------------------	-----------

3.1	Pruebas de Simulación	52
3.2	Validación de los sensores del prototipo de red SAIR.....	53
3.2.1	<i>Validación del sensor de PH y Conductividad.....</i>	54
3.2.2	<i>Repetitividad del prototipo de red SAIR</i>	55
3.3	Pruebas de comunicación inalámbrica del prototipo de red SAIR.....	57
3.3.1	<i>Intensidad de la señal de la red celular</i>	57
3.3.2	<i>Calidad de enlace de la red.....</i>	57
3.3.3	<i>Tiempo de publicación de la información.....</i>	61
3.3.4	<i>Pruebas de almacenamiento en la base de datos y en la web</i>	63
3.3.5	<i>Proceso de mensajes de alerta del prototipo de red.....</i>	64
3.4	Pruebas de carga de SAIR	65
3.5	Análisis económico de la implementación de SAIR.....	66
CONCLUSIONES.....		69
RECOMENDACIONES.....		70

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Parámetros de estudio.....	8
Tabla 2-1:	Reservas y Fuentes de abastecimiento de agua potable de Riobamba	12
Tabla 3-1:	Tabla comparativa de las tecnologías inalámbricas	17
Tabla 4-1:	Características de las topologías de red.....	20
Tabla 5-1:	Características de las tarjetas de desarrollo	21
Tabla 1-2:	Características de las Tarjetas de desarrollo Arduino	27
Tabla 2-2:	Características de los sensores de nivel.....	30
Tabla 3-2:	Características de los modelos de sensores de oxígeno disuelto.....	31
Tabla 4-2:	Características de los modelos de sensores de pH.	33
Tabla 5-2:	Características de los modelos de sensores de Conductividad.....	35
Tabla 6-2:	Características de los modelos de sensores de ORP.....	37
Tabla 7-2:	Valores de intensidad de la señal	45
Tabla 1-3:	Equipos de patrones del Laboratorio de Calidad de Agua.....	54
Tabla 2-3:	Validación del sensor pH y conductividad	55
Tabla 3-3:	Repetitividad de los valores leídos por SAIR	56
Tabla 4-3:	Intensidad de la señal de la red celular	57
Tabla 5-3:	Tiempo de respuesta en el envío de paquetes UDP.....	60
Tabla 6-3:	Ancho de banda cliente - servidor.....	61
Tabla 7-3:	Tiempo de retardo en publicación de la información a la base de datos	62
Tabla 8-3:	Resultado de envío de mensajes con y sin caracteres especiales.	64
Tabla 9-3:	Valores de voltaje y corriente de SAIR	66
Tabla 10-3:	Presupuesto económico de SAIR	67
Tabla 11-3:	Costo de Análisis de calidad de agua potable en el laboratorio.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Red de abastecimiento de agua potable.	5
Figura 2-1:	Clasificación de los parámetros de la calidad del agua.....	6
Figura 3-1:	Red de control del agua.....	9
Figura 4-1:	Regulador de agua potable Sunass	9
Figura 5-1:	Tablero de control del sistema (izquierda). Sensor controlador de nivel de un reservorio (derecha).	10
Figura 6-1:	Tablero de control del sistema (izquierda). Tubería para el sensor de nivel del tanque (derecha).....	11
Figura 7-1:	Puntos en los que se encuentra los tanques de reserva de EP-EMAPAR	13
Figura 8-1:	Vista de los tanques de reserva de Maldonado.....	14
Figura 9-1:	Prototipo construido (izquierda). Prototipo utilizado en el tanque de reserva (derecha).....	15
Figura 10-1:	Diagrama de bloques de la red de comunicaciones	15
Figura 11-1:	Esquema de funcionamiento de una red inalámbrica.....	16
Figura 12-1:	Elementos de una Red Inalámbrica	18
Figura 13-1:	Componentes de un nodo WSN.....	19
Figura 1-2:	Arquitectura del Sistema de supervisión.....	24
Figura 2-2:	Diagrama de bloques de la etapa de Procesamiento de Datos.....	25
Figura 3-2:	Diagrama de bloques de la etapa de transmisión de datos.	26
Figura 4-2:	Diagrama de bloques de la etapa de supervisión de la información	26
Figura 5-2:	Arduino UNO.....	28
Figura 6-2:	Tarjeta SIM900 GSM/GPRS.....	29
Figura 7-2:	Sensor MaxSonar EZ.....	30
Figura 8-2:	Sensor de OD de Atlas Scientific	32
Figura 9-2:	Sensor de pH analógico SEN0161.....	34
Figura 10-2:	Sensor de Conductividad EZO TM	36
Figura 11-2:	Sensor analógico de ORP SEN0165.....	38
Figura 12-2:	Entorno de trabajo de Riverbed Modeler Academic.....	39
Figura 13-2:	Esquema de conexión de la etapa de Procesamiento de Datos.....	40
Figura 14-2:	Esquema de la etapa de Transmisión de Datos.....	41
Figura 15-2:	Fuente de alimentación del prototipo.....	42
Figura 16-2:	Diagrama de flujo de SAIR.....	44
Figura 17-2:	Gestión de Base de datos en SmarterASP.net	47

Figura 19-2:	Información almacenada en la Tabla FlowDataSensors.	49
Figura 20-2:	Presentación de la página web.....	50
Figura 21-2:	Estadísticas de la información del agua potable	50
Figura 22-2:	Valores medidos del agua potable	51
Figura 1-3:	Topología en estrella con 16 nodos.	52
Figura 2-3:	Resultado de los paquetes enviados.	53
Figura 3-3:	Parte interna (izquierda). Parte externa (derecha) del Prototipo de red SAIR.....	53
Figura 4-3:	Evidencia de la validación de estabilidad	56
Figura 5-3:	Evidencia envío de datagramas UDP por el cliente.....	58
Figura 6-3:	Paquetes recibidos en intervalos de 1 segundo.....	59
Figura 7-3:	Pruebas de ancho de banda (izquierda). Petición cliente (derecha).....	61
Figura 8-3:	Evidencia del envío de información de sensores a la base de datos.	62
Figura 9-3:	Almacenamiento de la información (a) base de datos SQL (b) Página web.	63
Figura 10-3:	Mensajes de alerta recibidos en el celular	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Datasheet de los elementos utilizados para la construcción del prototipo de red.

Anexo B: Programación del prototipo de red.

Anexo C: Programación en json de la página web

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

EP-EMAPAR	Empresa Pública - Empresa Privada De Agua Potable Y Alcantarillado De Riobamba
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado.
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
ONU	Organización de las Naciones Unidas
EMAPS	Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento
CAN	Comunidad Andina de Naciones
ARCSA	Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria
RAI	Real Academia de Ingeniería
AP	Access Point – Punto de Acceso
UART	Transmisor-Receptor Asíncrono Universal
PWM	Señal de modulación por ancho de pulso.
OD	Oxígeno Disuelto
PH	Potencial de Hidrógeno
CE	Conductividad Eléctrica
ORP	Potencial de Óxido Reducción
BNC	Conector de fácil conexión/desconexión.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue construir un prototipo de red de nodos inteligentes para supervisar de la calidad y niveles del agua potable en los tanques de reserva de la Empresa Pública de Agua Potable Riobamba. Con una revisión bibliográfica de los sistemas de supervisión existentes y las necesidades que tiene el tratamiento del agua se diseñó una comunicación inalámbrica con topología estrella que permite medir parámetros físicos y químicos, trabaja bajo las normas INEN 1108 y las establecidas por el Ministerio del Ambiente del Ecuador. La información emitida por los sensores es procesada por una tarjeta de desarrollo Arduino UNO y enviada a través de la red GSM/GPRS por el protocolo TCP/IP a una base de datos histórica, puede emitir mensajes de alerta cuando se detectan niveles no permitidos en la calidad de agua. Conjuntamente se desarrolló una página web en ASP.NET con el lenguaje de programación C#, diferentes niveles de usuarios pueden acceder a ella para supervisar y visualizar en forma gráfica y numérica la información recolectada. Se utilizó una revisión experimental para validar el funcionamiento del prototipo de red con diez muestras y comparando la información obtenida con resultados proporcionados por el Laboratorio de Calidad de Agua de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Se comprobó que el prototipo mantiene errores de PH de $\pm 0,1$ pH y de conductividad de $\pm 1 \mu\text{S}/\text{cm}$, demostrando así que el prototipo implementado es competitivo con equipos comerciales de similares características. Se concluye que el prototipo constituye una herramienta de ayuda para supervisar la calidad del líquido vital en tiempo real, permite generar base de datos históricas para evidenciar su evolución en relación al tiempo, y ayudar a la toma de decisiones para mejorar su calidad. Se recomienda ampliar el periodo de pruebas para efectuar posibles mejoras.

Palabras Clave: <COMUNICACIÓN INALÁMBRICA> <CALIDAD DE AGUA POTABLE>
<PROTOTIPO DE RED> <SENSORES> <POTENCIAL DE HIDRÓGENO>
<CONDUCTIVIDAD> <SUPERVISIÓN DE AGUA POTABLE>

ABSTRACT

The objective of the research was to build a network prototype of intelligent nodes for the supervision of the quality and levels of potable water in the reserve tanks of the Public Company of Potable Water Riobamba. With a bibliographic review of existing monitoring systems and the needs of water treatment, a wireless communication with star topology was designed to measure physical and chemical parameters, works under the standards INEN 1108 and those established by the Ministry of the Environment of Ecuador. The information emitted by the sensors is processed by an Arduino UNO development card and sent through the GSM / GPRS network by the TCP / IP protocol to a historical database, it can issue warning messages when levels not permitted in water quality are detected. A web page was developed in ASP.NET with the programming language C #, different levels of users can access it to monitor and visualize in a graphic and numerical form the information collected. An experimental review was used to validate the operation of the network prototype with ten samples and comparing the information obtained with results provided by the Water Quality Laboratory of Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. It was found that the prototype maintains PH errors of $\pm 0.1\text{pH}$ and conductivity of $\pm 1\mu\text{S} / \text{cm}$, thus demonstrating that the prototype implemented is competitive with commercial equipment of similar characteristics. It is concluded that the prototype is a help tool to monitor the quality of the vital liquid in real time; it allows generating historical data to show its evolution in relation to time, and help the decision making to improve its quality. It is recommended to extend the testing period to make possible improvements.

Key Words: <WIRELESS COMMUNICATION> < POTABLE WATER QUALITY>
<NETWORK PROTOTYPE> <SENSORS> <HYDROGEN POTENCIAL>
<CONDUCTIVITY> <POTABLE WATER MONITORING>

INTRODUCCIÓN

El consumo de agua sin tratamiento previo de desinfección puede propagar graves enfermedades como cólera, fiebre tifoidea, disentería, giardiasis, hepatitis, etc. La Organización Mundial de la Salud (OMS) cifra en 9 millones las personas que mueren anualmente debido a problemas ocasionados por agua contaminada (Fernández María, 2014).

El avance y desarrollo de nuevas tecnologías nos permite mejorar y desarrollar nuevos sistemas de medición, control y supervisión, lo cual permite a las empresas de agua potable hacer usos de estas para tener una administración eficiente del líquido vital.

EE. UU. y México son los países que por la cantidad de habitantes han optado por tener una vigilancia constante de las operaciones de aguas y aguas residuales en los municipios ya que es vital para la salud pública. No obstante, mantener la monitorización y el control de económica de estas operaciones puede resultar muy difícil ya que las instalaciones a menudo están muy dispersas y a menudo se encuentran cerca de fuentes de agua alejadas de las zonas pobladas. Proporcionar acceso a agua salubre es uno de los instrumentos más eficaces para promover la salud y reducir la pobreza.

En Ecuador se han desarrollado estudios similares con la medición de niveles de agua en proyectos piscícolas, de minería y control de calidad del agua en sistemas de riego, diques.

- “Helen Miranda estudiante de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador diseña y construye un prototipo para control y monitoreo de reservorios de agua empleando comunicación móvil GSM/GPRS en sistemas de riego” (Miranda Helen, 2015).
- “Jairo Guagalango, estudiante de la Universidad de las Fuerzas Armadas del Ecuador diseña e implementa un sistema de control y monitoreo de nivel y flujo de agua potable en la estación de reserva y la planta de tratamiento de Azaya de la EMAPA-IBARRA” (Guagalango Jairo, 2015).
- “Cristian Gallardo estudiante de la Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga implementa un sistema para el control y monitoreo de niveles de agua, temperatura y oxigenación de un proyecto piscícola en la crianza y reproducción de truchas en la finca San Nicolás” (Gallardo Cristian, 2013).

En Riobamba existe un estudio similar realizado por:

- “Sandra Yumi diseña e implementa un prototipo inalámbrico IPv6 que permite comprobar la calidad de agua en Smart cities” (Yumi Sandra, 2015).

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es necesario construir el prototipo de red de nodos inteligentes para supervisar la calidad y niveles del agua potable en los tanques de reserva de EP EMAPAR?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los sistemas de supervisión del agua potable que se utilizan en EP EMAPAR y en el mundo, actualmente?

¿Cuáles son los requerimientos que debe cumplir el sistema a desarrollar?

¿Cuál es el diseño más adecuado que se adapte a los requerimientos?

¿Cuáles son los softwares y *hardware* necesarios que permitan la implementación del diseño propuesto?

¿El sistema implementado cumple con los requerimientos indicados?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El principal problema que se presenta en la Empresa Pública - Empresa Privada de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EP EMAPAR) es que los estudios del agua se realizan solamente una vez al mes y en el mejor de los casos una vez por semana. Requiere que la muestra sea llevada hacia el laboratorio especializado para realizar los respectivos estudios físico-químicos. No existe un medio que controle el nivel del agua en los tanques de reserva, razón por la cual el personal encargado esté pendiente de que no exista escasez o desborde de la misma. Realizando estas actividades manualmente, genera una pérdida de recursos y tiempo.

Por las novedades presentadas en los tanques de reserva de la EP EMAPAR y debido a que el agua, es un recurso importante en la vida diaria y al estar presente en todo nuestro entorno, es primordial contar con un sistema de supervisión del nivel y calidad de agua potable de manera remota y en tiempo real tomando en cuenta los parámetros básicos de la calidad de agua potable que se realizan en estudios convencionales.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Esta investigación se realizó porque existe la necesidad de supervisar los principales parámetros de calidad de agua potable, parámetros como: Oxígeno Disuelto, Cloro Libre Residual, Potencial

de Hidrógeno y Conductividad, los mismos que ayudarán a tomar decisiones sobre la calidad del agua potable para garantizar a la ciudadanía agua apta para el consumo, y los niveles de agua en los tanques de reserva de EP EMAPAR en tiempo real y de manera remota. El registro de estos parámetros permite tomar acciones rápidas en caso de presentarse contaminación y así asegurar que la calidad de agua sea la adecuada para los habitantes de la ciudad de Riobamba.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Construir un prototipo de red de nodos inteligentes para la supervisión de la calidad y niveles del agua potable en los tanques de reserva de EP EMAPAR.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar el sistema actual de supervisión de agua potable.
- Definir los requerimientos que debe cumplir el sistema de supervisión a desarrollar.
- Seleccionar el diseño más adecuado que se acople a los requerimientos.
- Escoger los *softwares* y *hardware* necesarios para la implementación del diseño propuesto.
- Evaluar el sistema construido.

Para el desarrollo de la presente investigación se realizó una revisión bibliográfica sobre sistemas de supervisión de agua potable existentes en el país y las necesidades que se tiene en el tratamiento del agua potable mediante artículos y entrevistas realizadas al personal de la empresa. Se utilizó revisión experimental para validar el funcionamiento de prototipo de red, al ser comparado con equipos comerciales similares.

El presente documento detalla el trabajo realizado y consta de una introducción, tres capítulos, conclusiones y recomendaciones. El primer capítulo es el marco teórico, que constituye los fundamentos básicos necesarios para la construcción del prototipo. En el segundo capítulo se definen las especificaciones *hardware* y *software* utilizados para la elaboración del prototipo. El tercer capítulo está compuesto de la evaluación del prototipo, las pruebas realizadas con el mismo, y los resultados obtenidos en las mediciones lo cual nos ayudará a obtener las conclusiones; además se incluye un análisis económico de costos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo aborda temas relacionados con el sistema de distribución del agua potable, calidad del agua, sus parámetros, la normativa vigente en nuestro país, los sistemas de supervisión del agua existentes, la problemática que presenta la zona actualmente, también se investiga las comunicaciones inalámbricas y las tarjetas de desarrollo.

1.1 Sistema de Distribución de Agua Potable

Es el encargado de transportar el líquido desde la fuente de abastecimiento hasta el punto de suministro (OMS, 2009, p.28), el mismo que debe cumplir con ciertas normas y regulaciones dispuestas por el organismo de control para que la calidad de agua sea la óptima y así garantizar el mejoramiento de la calidad de vida y desarrollo de la población (Cárdenas Daniel y Patiño Franklin, 2010, p. 1). Este sistema cumple con cinco procesos, que se indican en la Figura 1-1, y estos son:

- 1) **Proceso de Captación.** – Se realiza mediante la fuente de agua, por aguas subterráneas, pozos, o mediante aguas superficiales, bocatomas.
- 2) **Proceso de Tratamiento.** – Es la purificación del agua. Su proceso es variado debido a la calidad de agua bruta extraída.
- 3) **Proceso de Almacenamientos.** – El agua tratada se almacena en tanques, los mismos que pueden ser tanques elevados o apoyados en el suelo.
- 4) **Proceso de Distribución.** – Es una red que inicia en los tanques de almacenamiento de agua tratada y tiene su fin en el hogar del usuario (Arqhys, 2012).



Figura 1-1: Red de abastecimiento de agua potable.

Fuente: Arístegui Maquinaria, 2016

1.2 Calidad del Agua Potable

Se considera al agua que es apta para el consumo del ser humano y animales, garantizando la prevención de cualquier daño o enfermedad (Illescas Guido, 2014). Tener agua de calidad es un factor muy importante ya que incide directamente en la salud y el bienestar humano, la calidad de los alimentos, las actividades económicas, etc. (EcuRed, 2015).

En concordancia con la legislación Nacional del Ecuador, la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento es responsabilidad de los GADs cantonales (SENAGUA, 2016). Por lo tanto, estas entidades deben estar sujetas a regulaciones establecidas, en el análisis del nivel de contaminantes en el agua potable; las regulaciones están compuestas de secciones concernientes al estudio y protección de las fuentes proveedoras de agua, protección de pozos y sistemas de captación, tratamiento a través de operadores calificados y el control de la integridad de los sistemas de distribución.

1.2.1 *Parámetros de la calidad de agua*

Existen diferentes parámetros de la calidad del agua, los cuales están indicados en el Glosario de términos ambientales de la ONU (ONU, 1997). Se puede realizar un estudio con la clasificación como se muestra en la Figura 2-1, en la que se aprecia parámetros físicos, químicos y biológicos.

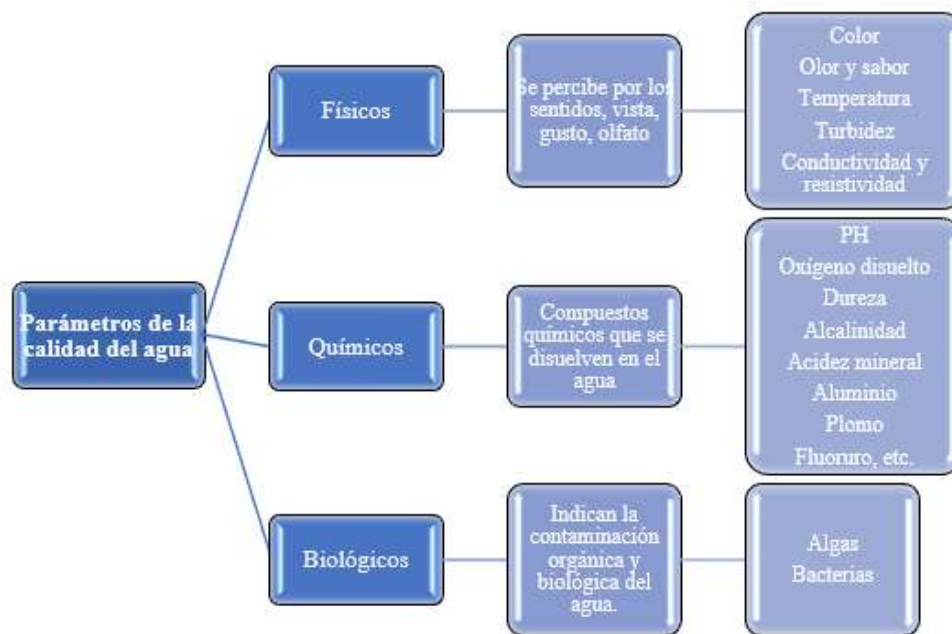


Figura 2-1: Clasificación de los parámetros de la calidad del agua

Fuente: Sanchez, David, 2016

Realizado por: Moyón Cristian; Ordóñez Dayana; 2019

De la Figura 2-1 los parámetros que se considerarán en esta investigación son físicos y químicos como: oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, conductividad y potencial de óxido reducción.

1.2.1.1 Oxígeno Disuelto (OD)

Es la cantidad de oxígeno gaseoso presente en el agua, expresada en términos de su presencia en el volumen de agua (mg/lit) o de su proporción en agua saturada (porcentaje) (ONU, 1997. Pp.22). La evaluación de este parámetro se lo realiza para medir la calidad del agua superficial y para realizar el control en el proceso de tratamiento de desechos. La medida se establece en: concentración de OD superior a 4 mg/lit y déficit superior a 40% (CAN, 2008. Pp.38).

1.2.1.2 Potencial de Hidrógeno (PH)

Valor absoluto del logaritmo decimal de la concentración de ion hidrógeno en miliequivalentes por litro de solución, se expresa en unidades de pH. Se usa como indicador de acidez, en un rango de $0 < \text{pH} < 7$; como indicador de alcalinidad, en el rango de $7 < \text{pH} < 14$; y tiene un valor neutral de $\text{pH} = 7$ (ONU, 1997. Pp. 57). La medida de pH se establece: entre 6,5 pH a 8,5 pH de agua natural (CAN, 2008, pp. 34).

1.2.1.3 Conductividad (CE)

Es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica, su valor es utilizado para saber la cantidad de sales disueltas en ella. De acuerdo al Sistema Internacional de Unidades, las unidades de la CE es el Siemens por metro (S/m), pero para facilitar su utilización se usa $\mu\text{S}/\text{m}$ a una temperatura de 25°C (Solís Yuliana, 2017. Pp 36). La medida de CE de agua para uso doméstico se establece: 500 a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y para agua potable tiene un límite máximo de 10055 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Panachlor, 2016).

1.2.1.4 Potencial de Óxido Reducción (ORP)

Convierte la energía química de oxidación – reducción en energía eléctrica. Una medida positiva del potencial redox indica una oxidación, mientras que una lectura negativa indica una reducción. Las reacciones redox, ocurren por los cambios de pH en el medio. La medida de ORP adecuada del agua potable es: 650 mV (Panachlor, 2016).

1.2.2 Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua.

Es establecida bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento de la Ley de Gestión Ambiental. Y es un documento de aplicación obligatoria que rige en todo el Ecuador.

El Ministerio del Ambiente del Ecuador establece la presente norma técnica (MAE, 2014, p.1):

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

En la Tabla 1-1 se observa los parámetros determinados para la presente investigación, tomando como referencia los valores establecidos por el Ministerio del Ambiente (MAE, 2014).

Tabla 1-1: Parámetros de estudio.

<i>Parámetro</i>	<i>Límites Permisibles</i>
Oxígeno Disuelto (O.D)	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l
Potencial de Hidrógeno (PH)	6 - 9 pH
Conductividad eléctrica (CE)	50 - 1500 μ S/cm
Potencial Óxido Reducción (ORP)	> 650 mV

Fuente: (MAE, 2014, p.10)

Realizado por: Moyón Cristian; Ordóñez Dayana; 2019

1.3 Sistemas de Supervisión de Agua potable

De acuerdo a las normas INEN 1108, el agua potable debe ser constantemente supervisada para asegurar que no se produzcan desviaciones en los parámetros que influyen en la calidad del agua (INEN 1108, 2011. Pp. 4). Es por esta razón que se han diseñado y creado dispositivos que permitan cumplir con esta norma.

1.3.1 Sistemas de supervisión de agua potable a nivel mundial

A nivel mundial existen sistemas que ayudan a monitorear la calidad de agua potable, de los cuales se puede detallar la:

RED DE CONTROL DEL AGUA. - Es una estación automática, que se puede apreciar en la Figura 3-1. La cual se encuentra en el río Pisuerga de España, que permite muestrear la calidad del agua con dispositivos automáticos y una conexión vía satélite al centro de control. Cuenta con:

- Control Oficial de Abastecimientos, que controla el suministro de agua en las zonas urbanas y realiza un análisis del agua antes de ser potabilizada.
- Control oficial de la Calidad del Agua, mide los parámetros necesarios de la calidad general de la red fluvial, que requieren las entidades encargadas para realizar las estadísticas pertinentes de los índices de calidad general.

- Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas, proporciona información en tiempo real a los centros de control y decisión, además, emite alertas cuando hay algún inconveniente.

Estos sistemas realizan muestras por períodos, que pueden ser mensual, trimestral, semestral o anual, de hasta cuarenta parámetros (Doménech Javier, 2002).



Figura 3-1: Red de control del agua.

Fuente: (Doménech Javier, 2002)

REGULADOR DE AGUA POTABLE. – Se encuentra en una empresa que supervisa los aspectos de control de la calidad del agua, identificando y evaluando los factores de riesgo presentes desde la captación hasta la entrega a los consumidores del líquido. En la Figura 4-1 se muestra el regulador de agua potable Sunass. El control de la información lo realiza un proveedor que debe garantizar el cumplimiento de las normas sanitarias. Y la supervisión está a cargo de la empresa, quienes, al encontrar un incumplimiento de las normas, notifican a los encargados correspondientes (Sunass, 2013).



Figura 4-1: Regulador de agua potable Sunass

Fuente: (Sunass, 2013)

1.4 Análisis de la supervisión de agua potable en el país.

De lo investigado se sabe que en Ecuador no existe un sistema que supervise la calidad de agua potable, por lo que en ciertas zonas el consumo de este líquido en los seres humanos ocasiona daños al ser humano, es por esta razón que se realizó una reunión con diferentes organizaciones para vigilar la calidad del agua de consumo humano, y realizar instrumentos de recolección y procesamiento de información para tener un análisis completo de la situación del agua a nivel distrital y municipal (Arcsa, 2018).

Quito es la primera ciudad que demuestra el cumplimiento de las normas de calidad INEN 1108, por lo tanto, EMAPS – AGUA DE QUITO es la única del país que cuenta con este sello de calidad (Quito informa, 2018). Pero se desconoce el procedimiento y equipos utilizados en esta actividad.

Existen trabajos de titulación realizados en este ámbito, los cuales se puede nombrar:

- El diseño y construcción de un prototipo para control y monitoreo de reservorios de agua empleando comunicación móvil GSM/GPRS en sistemas de riego realizado por (Miranda Helen, 2015) que controla el nivel del líquido que debe ingresar a un reservorio para evitar desperdiciar este recurso, además, controla de manera automática la distribución del agua haciendo uso del GSM/GPRS para activar o impedir la distribución del agua. En la Figura 5-1 se puede observar el tablero de control del sistema construido y un sensor que controla el nivel del agua colocado en un reservorio.



Figura 5-1: Tablero de control del sistema (izquierda). Sensor controlador de nivel de un reservorio (derecha).

Fuente: (Miranda Helen, 2015)

- Monitorización del sistema de almacenamiento y distribución del Agua Potable de Ibarra, el sistema mide en campo, el nivel y el caudal del agua, transmitiendo estos datos a las oficinas de EMAPA-Ibarra por radio frecuencia y usando repetidoras, para supervisar, controlar y obtener información del proceso de almacenamiento y distribución del sistema de agua potable (Guagalango Jairo, 2015).
- La implementación de un sistema que controla y monitorea los niveles de agua, temperatura y oxigenación de un proyecto piscícola, que cuenta con actuadores y transductores que entran en funcionamiento al existir alguna desviación en la labor normal de la infraestructura hídrica y esto ayudará a tener un nivel adecuado de oxígeno disuelto en el agua (Gallardo Cristian, 2013). Este trabajo se lo puede apreciar en la Figura 6-1, en la que se encuentra el tablero que controla el sistema construido y la tubería que se coloca en el tanque para el sensor de nivel.



Figura 6-1: Tablero de control del sistema (izquierda). Tubería para el sensor de nivel del tanque (derecha).

Fuente: (Gallardo Cristian, 2013)

Los equipos comerciales analizados son buenos en su aplicación, que como se pudo describir son orientados a la agricultura y piscicultura por lo que medir parámetros de calidad de agua para el consumo humano no es su prioridad.

1.4.1 Realidad de la Zona

En la ciudad de Riobamba la infraestructura básica de las instalaciones de EP-EMAPAR permite prestar el servicio a la urbe del cantón. El sistema de agua potable cuenta con pozos perforados a 100 metros de profundidad en Lío que conforman las fuentes de abastecimiento, este sistema conduce desde estos pozos hasta la Saboya, y cuenta con tanques de reserva en El Carmen y otros junto al Colegio Pedro Vicente Maldonado norte. La empresa tiene 32.384 usuarios, de los cuales

21.989 usuarios tienen medidores instalados, y 10.395 cuentan con acometidas directas (EP-EMAPAR, 2016). En el sistema de alcantarillado, hay problemas en la descarga directa del líquido sin previo tratamiento. Según el censo realizado en mayo de 2011, se tiene que EMAPAR sirve del líquido vital a una población de 144.382 personas aproximadamente.

Los servicios de agua en la ciudad están distribuidos por redes, las cuales son abastecidas por distintas fuentes, como se muestra en la Tabla 2-1:

Tabla 2-1: Reservas y Fuentes de abastecimiento de agua potable de Riobamba

Red	Reserva	Fuente de Abastecimiento
1	Reservas de El Carmen, San José de Tapi y El Recreo	Desde los pozos Llío y vertiente San Pablo
2	Reserva de La Saboya	Desde los pozos Llío, vertiente San Pablo, pozo Huerta y pozo Servidores de Chimborazo
3	Reserva Maldonado	Desde los pozos Llío, vertiente San Pablo y pozo San Gabriel del Aeropuerto
4	Reserva de Yaruquies	Desde el pozo El Pedregal

Fuente: (Plan estratégico de desarrollo cantonal, 2016)

Realizado por: Moyón Cristian; Ordóñez Dayana; 2019

Por medio de una entrevista realizada al personal de EP-EMAPAR, se sabe que Riobamba cuenta hasta el momento un total de trece tanques de reserva, los cuales se detalla a continuación:

Reserva El Carmen. – consta de un tanque circular de hormigón, con capacidad real de 1492,54m³, un diámetro interno de 20,55m y altura de 4,5m.

Reserva San José de Tapi. – tiene un tanque circular de hormigón, capacidad nominal de 2000 m³, diámetro interno de 22,60 m y altura de 5 m.

Reserva El Recreo. – Compuesto de tres tanques con las siguientes características:

- Dos tanques rectangulares de 14,4m x 8,80m y capacidad de 500 m³.
- Un tanque circular tipo ExIEOS, con capacidad de 500 m³, diámetro interno de 13,50 m y altura de 3,50 m.

Reserva la Saboya. – Consta de cuatro tanques, cuatro tanques circulares de hormigón y denominados con las siguientes características:

- Tanque A: tiene una capacidad real de 995,38 m³, diámetro interno de 17,80 m y altura de 4 m.

- Tanque B: tiene una capacidad real de 984,23 m³, diámetro interno de 17,70 m y altura de 4 m.
- Tanque C: tiene una capacidad real de 995,38 m³, diámetro interno de 17,80 m y altura de 4 m.
- Tanque D: tiene una capacidad real de 1922,11 m³, diámetro interno de 22,58 m y altura de 4,80 m.

Reserva Maldonado. – Tiene dos tanques de hormigón con las siguientes características:

- Tanque A: tiene una capacidad real de 2200,59 m³, diámetro interno de 25,03 m y altura de 4,50 m, su cúpula es plana.
- Tanque B: tiene una capacidad real de 2135,70 m³, diámetro interno de 25,06 m y altura de 4,33 m, su cúpula es elíptica.

Reserva Yaruquíes. – Consta de un tanque de hormigón armado, con capacidad real de 209,10 m³.

Reserva Piscín. - Consta de un tanque de 2000 m³ de capacidad.

Las ubicaciones geográficas de las reservas de la ciudad, se puede apreciar en la Figura 7-1 realizada en Google Earth. Obteniendo la distancia más lejana desde el tanque de reserva de El Recreo hasta las oficinas de EP-EMAPAR con 6,90 Km



Figura 7-1: Puntos en los que se encuentra los tanques de reserva de EP-EMAPAR

Fuente: Google earth

Realizado por: Moyón Cristian; Ordóñez Dayana; 2019

En la Figura 8-1 se puede observar la vista en la entrada a la Reserva Maldonado.



Figura 8-1: Vista de los tanques de reserva de Maldonado.

Fuente: Google earth

Realizado por: Moyón Cristian; Ordóñez Dayana; 2019

El proceso para realizar la lectura, digitalización y control del nivel y calidad de agua de la red de distribución, lo realiza el personal técnico de EP-EMAPAR de forma manual, trasladándose a cada tanque de reserva para recoger información, y llevarla a los laboratorios especializados de la empresa una vez a la semana, para realizar los estudios físico-químicos. Además, se puede especificar que los equipos que se ocupan para realizar este procedimiento tienen más de treinta años de uso y otros que últimamente han sido incorporados (Plan estratégico de desarrollo cantonal, 2016). Esto ocasiona una información desactualizada de la calidad del agua y el no cumplimiento de la norma INEN 1108, inciso 6.1.2 que textualmente dice: “El agua potable debe ser monitoreada permanentemente para asegurar que no se producen desviaciones en los parámetros aquí indicados”.

1.4.2 Trabajos realizados en Riobamba sobre supervisión de agua

En EP-EMAPAR se ha realizado un trabajo referente al tema, en el que diseña un prototipo inalámbrico IPv6 que permite comprobar la calidad del agua en Smart cities (Yumi Sandra, 2015). La misma que realiza la recopilación de la información solo en un computador que tenga la interfaz gráfica en Labview correspondiente, pero EP-EMAPAR no cuenta con este dispositivo. En la Figura 9-1 se puede observar el prototipo construido y colocado en un tanque de reserva.



Figura 9-1: Prototipo construido (izquierda). Prototipo utilizado en el tanque de reserva (derecha).

Fuente: (Yumi Sandra, 2015)

Este prototipo necesita que el personal encargado acuda a los tanques de reserva para recolectar la información y no tienen un sistema de supervisión del mismo.

De lo investigado, se sabe que no existe un sistema de supervisión de los parámetros descritos anteriormente y no permiten una supervisión constante. Por tal motivo se requiere construir un prototipo de supervisión en tiempo real que ayude a medir la calidad y los niveles del agua potable en los tanques de reserva, para tener un mejor control del líquido vital y brindar una mejora en el servicio de agua potable. Para lo cual se procede al estudio de los elementos que requerirá la configuración.

1.5 Red de comunicaciones

Es un sistema que permite la transferencia de datos entre nodos conectados a la red. En la actualidad existe un empuje implacable para transmitir datos a más altas velocidades a través de sistemas alámbricos e inalámbricos originado no sólo por el desarrollo de los sistemas tradicionales para voz, video y datos, sino también por la conveniencia que otorgan los teléfonos celulares personales, máquinas de fax, correo electrónico con archivos adjuntos y el uso de Internet (Couch, 2008, p. 551).



Figura 10-1: Diagrama de bloques de la red de comunicaciones

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana, (2019)

En la Figura 10-1 se muestra un diagrama de bloques con los elementos principales de una red de comunicaciones, donde:

- **El Transmisor.** – Es el dispositivo que toma la información requerida, como por ejemplo los sensores.
- **Medio de Comunicación.** – Es la conexión eléctrica entre el transmisor y el receptor, el mismo que puede ser alambres, cable coaxial, el aire, entre otros.
- **Receptor.** – Es el encargado de recibir del medio de comunicación la señal deseada.

1.5.1 Comunicación Inalámbrica

Es aquella en la que el emisor y el receptor no se encuentran conectados por cables físicos, sino que hacen uso del espectro electromagnético, con el fin de proporcionar a los usuarios flexibilidad y movilidad en la comunicación. (RAI, 2012). En la Figura 11-1, se puede visualizar un esquema del funcionamiento de una red inalámbrica, en la que los dispositivos establecidos con el nombre *Network* se conectan al AP, que funciona como *Switch* para que éste decida como hacerlo llegar al destino.

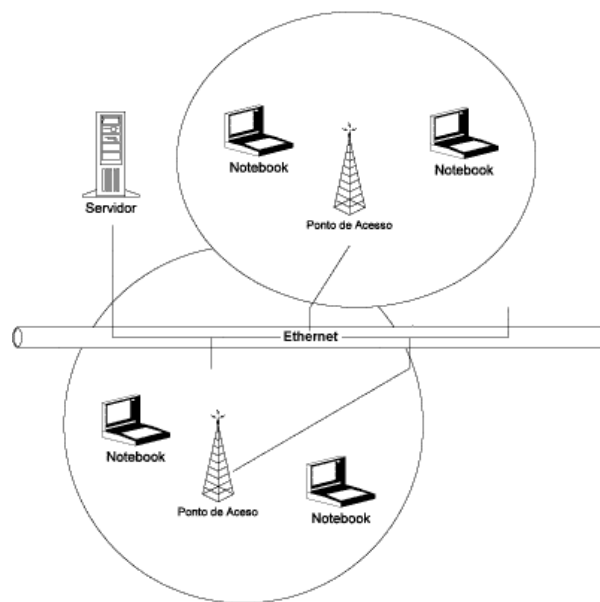


Figura 11-1: Esquema de funcionamiento de una red inalámbrica

Fuente: <https://infosegur.files.wordpress.com/2014/02/infraestructura.jpg>

La transmisión de los datos, se lo puede realizar por las diferentes tecnologías existentes, como pueden ser: RFID, Bluetooth, ZigBee, Redes móviles, Wi-Fi, entre otros (Sharma Kanika y Dhir Neha, 2014). La tabla 3-1 muestra una comparativa de las tecnologías inalámbricas.

Tabla 3-1: Tabla comparativa de las tecnologías inalámbricas

	ZigBee 802.15.4	Bluetooth 802.15.1	Wi-Fi 802.11	Redes Móviles (2,5G)
Consumo de Corriente (mA)	30	65-170	350	450
Capacidad de red (nodos)	65000	30	7	Ilimitada
Velocidad de Transmisión RF (kbps)	250	1000 - 3000	54000	114
Potencia de transmisión (mW)	1-2	1-100	40-200	2000
Frecuencia de radio	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	850 MHz y 1900 MHz.
Rango de trabajo	1-100 m	1 – 10 m	30 – 100 m	35 Km

Fuente: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612009000100011

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana, (2019)

De acuerdo a las características tomadas en la Tabla 3-1, para el desarrollo del proyecto se hará uso de la red móvil celular 2.5G, por el rango de trabajo que ofrecen debido a que los tanques de reserva se encuentran en diferentes puntos de la ciudad, como se determinó en la realidad de la zona.

GSM/GPRS

El estándar de telecomunicaciones GSM es el más utilizado a nivel mundial, con un 82% de terminales usados (Asociación GSM, 2008) y porque su tecnología se encuentra usada en un 90% en casi todos los países. Además, este sistema utiliza estaciones, por lo que tiene la capacidad de soportar a un número de usuarios considerables para ofrecer un óptimo servicio. Y gracias a GPRS es posible acceder a internet (EcuRed, no date).

1.6 Red de Nodos Inteligentes

Es una red compuesta de dispositivos inteligentes, los mismos que pueden ser supervisados y ajustarse a las necesidades requeridas.

El principal componente de las redes de sensores inalámbricos son los nodos sensores, los cuales permiten tomar medidas de cierto fenómeno y propagarlas vía radio.

La utilización de redes de sensores inalámbricas nos trae las siguientes ventajas:

- Capacidad de implementación en entornos que no poseen una infraestructura preexistente.
- Funcionamiento autónomo, cuando su utilización es un periodo de tiempo considerable.

- Son dinámicas, capacidad de adaptarse y continuar con el funcionamiento normal cuando existe algún cambio en la red.
- Escalabilidad, capacidad de incluir nodos a la red que cumplan los requerimientos necesarios, para que ésta se pueda expandir.

Las redes de nodos inteligentes permiten suministrar constantemente información necesaria y requerida de cada nodo a un concentrador conectado a internet.

Hoy en día, Las redes de sensores se han convertido en tecnologías de gran avance e interés, en especial las redes en las que se utilizan sistemas de comunicaciones inalámbricas.

1.6.1 Elementos de una Red Inalámbrica.

Está formada por los siguientes elementos, como se muestra en la Figura 12-1.

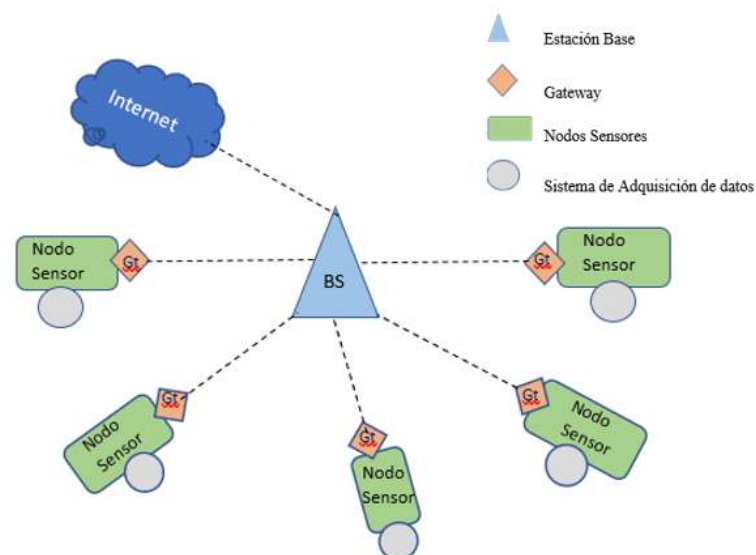


Figura 12-1: Elementos de una Red Inalámbrica

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Sistema de Adquisición de datos. – Está formado por dispositivos que toman información del entorno, por lo general son los sensores comerciales.

Nodos Sensores. – Es el conjunto de sensores y otros componentes electrónicos como el procesador para permitir la comunicación del nodo sensor.

Gateway. – Es el encargado de realizar la comunicación entre la red de sensores y una red de datos como, TCP/IP. Actúa como puente entre dos redes de diferente tipo.

Estación Base. – Recibe la información enviada desde los nodos sensores, para enviarla a una interfaz gráfica de un *software* o a una página web diseñada previamente (Saigua Silvia y Villafuerte María, 2013).

1.6.2 Componentes de un nodo de la red inalámbrica

Está compuesto por bloques de: detección, transformación, procesamiento, almacenamiento y transmisión inalámbrica, dichos componentes se puede apreciar en la Figura 13-1.

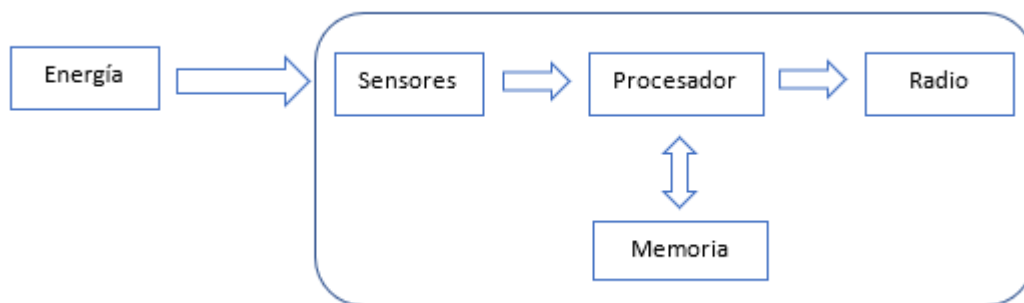


Figura 13-1: Componentes de un nodo WSN

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

A continuación, se detalla cada uno de los componentes que conforman un nodo WSN, según Figura 13-1:

Energía. – Es la alimentación adecuada, que proporciona la fuente de alimentación necesaria al nodo para que pueda funcionar.

Sensores. – Dispositivos que detectan estímulos externos, acciones y pueden responder ante esto. Transforman magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas. Los sensores pueden ser: Activos: Proporcionan la información de salida sin tener una fuente externa de alimentación; o Pasivos: Para poder funcionar, requieren necesariamente de una fuente de alimentación.

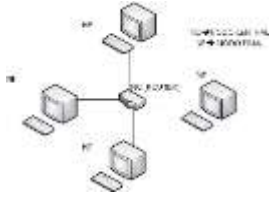
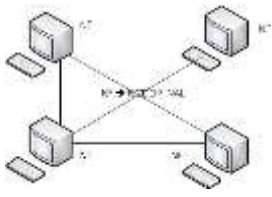
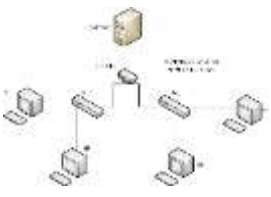
Procesador. – Dispositivo que procesa la información, hace uso de una memoria, que puede ser interna o externa. La interna es la propia del microcontrolador y la externa que puede ser una memoria flash.

Radio. – Es el encargado de realizar la comunicación inalámbrica entre todos los nodos de la red WSN (Saigua Silvia y Villafuerte María; 2013, pp42).

1.6.3 Topología de la red

Es el conjunto de nodos interconectados dentro de una red. Las principales topologías son: estrella, malla y árbol, cuyas características principales se describen en la Tabla 4-1:

Tabla 4-1: Características de las topologías de red.

	Estrella	Malla	Árbol
Figura			
Tráfico	Fácil control del tráfico	El tráfico se orienta por distintos caminos. Y su velocidad varía de acuerdo al medio que utilice.	Produce interferencias, porque los nodos están en un medio de transmisión compartido.
Redundancia	La red conecta todos los nodos a un nodo central.	Todos los nodos están conectados entre sí	Todos los nodos están interconectados a un nodo de enlace troncal (Switch)
Vínculo requerido	Par trenzado aceptable, porque no existirá problemas de tráfico	Par trenzado y fibra óptica	Cableado punta a punta
Atenuación de la señal	Cada 100 m	Par trenzado: 100 m Fibra óptica: 30 Km	Par trenzado: 100 m Fibra óptica: 30 Km
Costo	Costo moderado	Costosa, por su cableado	Costosa por requerir mucho cable.
Facilidad de incrementar nodos	Si, de acuerdo a la capacidad del nodo central	Sí, pero de Difícil instalación	Si, pero de difícil configuración
Desventaja	Si el nodo central falla, la red falla.	El espacio del escenario es menor a la cantidad de cable que se requiere.	Si el nodo principal falla, la red deja de funcionar.

Fuente: <http://redesmacp436.blogspot.com/2015/06/cuadro-comparativo-de-las-topologias-de.html>

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana, (2019)

De acuerdo a las características presentadas en la Tabla 4-1, se escogió la topología estrella debido a que la utilización de la red móvil celular implica la conexión de todos los nodos a una antena celular para la transmisión de los datos. La Escalabilidad es un factor muy importante ya que el sistema necesita expandirse con el tiempo, por lo tanto, la red debe ser capaz de admitir estas nuevas interconexiones sin afectar el rendimiento del servicio.

1.6.4 Tarjetas de desarrollo para la Red de Inalámbrica de nodos inteligentes.

Existe en el mercado una gran variedad de procesadores que utilizan las tarjetas de desarrollo, sobre los cuales se pueden experimentar e implementar una gran variedad de proyectos, las tarjetas permiten interactuar con diferentes tecnologías de comunicación, sensores, etc. Las más utilizadas en las redes de nodos inteligentes son: Arduino, Libelium Waspote, Raspberry pi, Waspote, Intel Galileo (Martínez Gloria, 2016).

Las características de las tarjetas de desarrollo consideradas se muestran en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1: Características de las tarjetas de desarrollo

Características	Arduino	Libelium Waspote	Raspberry Pi
Diversidad	Si	No	Si
Inversión	Baja	Alta	Alta
Software	Arduino IDE	Waspote IDE	GNU/Linux
I/O Analógicas	6-16	7	26-40
I/O Digitales	14-54	8	26-40
Compatibilidad con sensores	Si	Sensores de marca Libelium	Si
Consumo Corriente	Baja	Baja	Alta
Ventajas	Software libre, bajo coste, gran variedad de sensores	Sensores incluidos	Software libre
Desventajas	Combinación de módulos externos	Alto coste, Adquisición en conjunto	Alto coste, Memoria externa

Fuente: Arduino 2018, Libelium 2018, Raspberry pi 2018.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Según las características señaladas en la Tabla 5-1 se ha escogido la tarjeta de desarrollo Arduino para trabajar en el presente proyecto, por su bajo costo, su compatibilidad para trabajar con los diversos sensores, su bajo consumo de corriente la disposición en el mercado, por trabajar con *software* libre.

CAPÍTULO II

2. DISEÑO DEL PROTOTIPO DE RED DE NODOS INTELIGENTES

El presente capítulo contiene el diseño del prototipo del Supervisor de Agua Potable con Red Inalámbrica, que a partir de aquí se lo llamará SAIR, la selección del *hardware* y *software* tomando en cuenta la funcionalidad y el costo, para de esta manera obtener un sistema que ofrezca un buen servicio. También se especifica las conexiones, algoritmos, diagrama de flujo que permiten su correcto funcionamiento, y a la vez se incluye la página web a utilizar para almacenar los datos recopilados por el prototipo.

2.1 Requerimientos de la red de supervisión SAIR

A continuación, se establece los requerimientos de la red de nodos inteligentes para supervisar la calidad y los niveles del agua potable en los tanques de reserva de EP-EMAPAR. Cuyos requerimientos son:

- Cumplir con la Norma INEN 1108.
- Supervisión en tiempo real de los parámetros físico químicos de la calidad del agua potable, como, oxígeno disuelto, potencial de óxido reducción, conductividad y potencial de hidrógeno.
- Supervisión en tiempo real del nivel de agua potable que se encuentra en el tanque de reserva.
- Utilizar la red celular para enviar la información recopilada.
- Enviar mensajes de alerta cuando la calidad y el nivel del agua no sea la adecuada.
- La información obtenida por el prototipo debe ser almacenada en el servidor web, con el fin de realizar análisis futuros.
- Visualizar las mediciones realizadas en los tanques de reserva, de una manera remota, desde las oficinas de la empresa.
- Permitir la opción de descarga de documento, en la página web, con la información de las mediciones realizadas de los distintos días.

2.1.1 Concepción de la arquitectura general de la red de supervisión SAIR.

Una vez establecidos los requerimientos del sistema, se plantea la red de nodos inteligentes que se muestra en la Figura 1-2; en la que se puede apreciar que consta de tres etapas principales, que son, etapa de procesamiento de datos, etapa de transmisión de datos y etapa de supervisión de la información.

La etapa de procesamiento y transmisión de datos tienen una interconexión mediante cables. La etapa de supervisión recibe la información mediante la red celular, a través del protocolo TCP/IP.

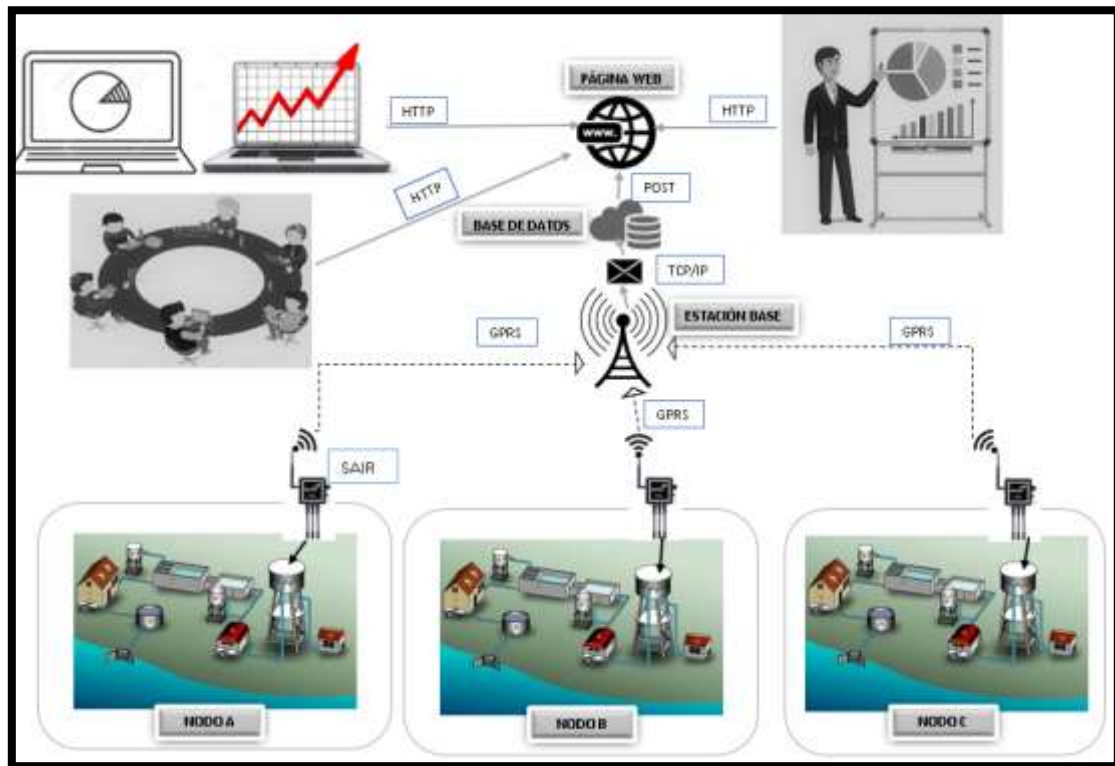


Figura 1-2: Arquitectura de la red de supervisión.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Procesamiento de Datos: Está compuesto por seis dispositivos, los cuales interactúan para procesar la información recibida del tanque de reserva. Estos dispositivos son:

- Los sensores de supervisión que recopilan las características físico-químicas del agua potable; y el sensor de nivel, que marca el nivel del agua; todos estos proveen datos que serán procesados en la tarjeta de desarrollo.
- La tarjeta de desarrollo (Arduino) que procesa la información de los sensores, y cuyos datos serán enviados al SIM900 GSM/GPRS vía UART.

Transmisión de Datos: Se compone de la tarjeta SIM900 GSM/GPRS, la cual transmite la información por la red celular mediante el protocolo de comunicación TCP/IP al servidor web.

Supervisión de la Información: Está compuesto por un servidor web ubicado en un hosting en la nube, la información recibida por la etapa de transmisión se almacena en una base de datos y se visualiza en una página web.

2.1.2 Diseño de la Arquitectura de la Red de Nodos Inteligentes SAIR

A continuación, se detalla el diseño cada etapa que conforma la red de nodos inteligentes:

2.1.2.1 Procesamiento de Datos

En la Figura 2-2 se puede observar el diagrama de bloques de la etapa de procesamiento de datos, que consta de cinco bloques:

- Bloque de adquisición de datos, que está compuesto por los sensores que permite medir el nivel, OD, ORP, pH y conductividad del agua;
- Bloque de alimentación, compuesto por un adaptador de 9V – 2A, que es el encargado de proveer la energía suficiente al sistema.
- Bloque de procesamiento, se compone de un Arduino UNO, el cual recibe la información por sus entradas análogas y digitales.

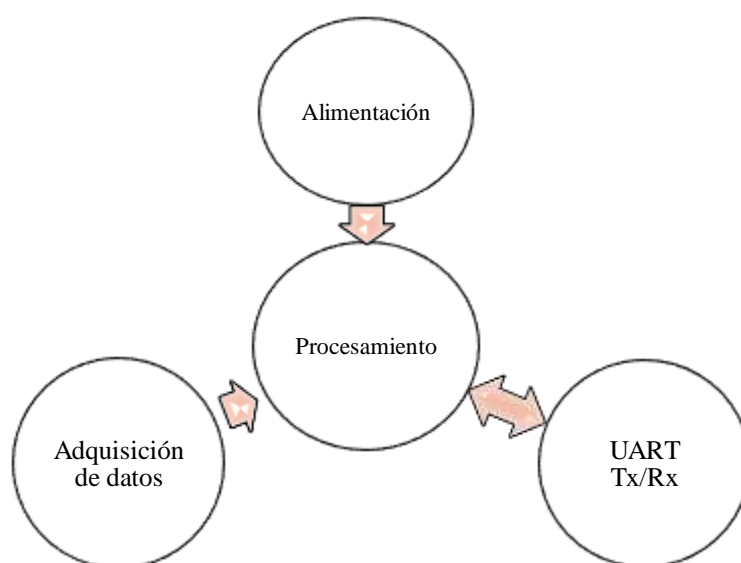


Figura 2-2: Diagrama de bloques de la etapa de Procesamiento de Datos

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

2.1.2.2 Transmisión de Datos

La Figura 3-2 muestra el diagrama de bloques de la etapa de transmisión, cuya funcionalidad es la siguiente:

- El Arduino UNO envía al módulo GSM los datos procesados de los sensores por el puerto serie UART.
- Para controlar el módulo GSM se emite comandos AT, el envío de la información al servidor web se envía por GPRS.
- El bloque de alimentación tiene la misión de proporcionar energía tanto al Arduino como al módulo GSM SIM900.

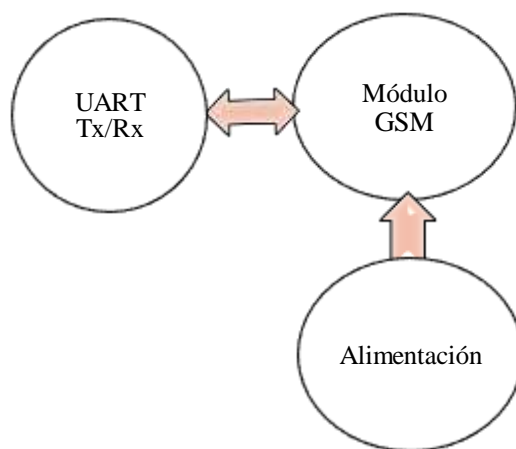


Figura 3-2: Diagrama de bloques de la etapa de transmisión de datos.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

2.1.2.3 Supervisión de la Información

En la Figura 4-2 se puede apreciar el diagrama de bloques de la etapa de Supervisión de la información, en el cual la información enviada por la etapa de transmisión se recibe mediante internet a través del protocolo TCP/IP, que permitirá almacenarla en una base de datos y visualizarla en la página web dicha información recopilada en la etapa de procesamiento de datos.

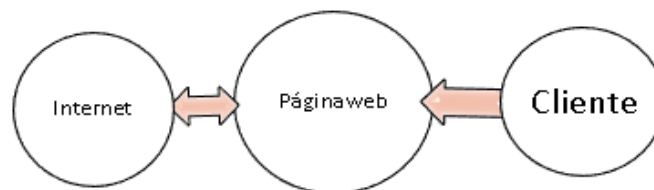


Figura 4-2: Diagrama de bloques de la etapa de supervisión de la información

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

2.2 Selección de elementos que conforman el SAIR

El detalle de todos los elementos utilizados para la construcción sistema inalámbrico de supervisión del agua, se realiza a continuación; y sus hojas técnicas se especifican en el Anexo A.

2.2.1 Tarjetas de desarrollo

Las tarjetas de desarrollo han sufrido una gran evolución desde su primera aparición que fue el microcontrolador PIC en el año de 1975, el mismo que fue de gran utilidad en sus aplicaciones. Con el avance de la tecnología los microcontroladores evolucionaron y en la actualidad existen en el mercado el microcontrolador Arduino muy utilizado para realizar proyectos electrónicos (Altamirano Héctor y Puente Amanda, 2016, p. 50).

2.2.1.1 Evaluación de los procesadores Arduino

Para seleccionar el tipo de Arduino que se utilizará, se considera tres modelos de tarjetas con sus respectivas características, como se muestra en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Características de las Tarjetas de desarrollo Arduino

Características	Arduino UNO	Arduino Mega	Arduino Leonardo
Reloj	16 MHz	16 Mhz	16 MHz
Voltaje	5 V	5 V	5 V
Corriente	40 mA	90 mA	50 mA
Microcontrolador	Atmega 328P	Atmega 2560	Atmega 32u4
I/O Digitales	14	54	20
I/O Analógicas	6	16	12
Memoria Flash	32 KB	256 KB	32 KB
EEPROM	1 KB	4 KB	1 KB
SRAM	2 KB	8 KB	2.5 KB
Inversión	\$ 20.00	\$ 41.00	\$ 21.00

Fuente: Arduino.cc, 2019

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Por las características descritas en la Tabla 1-2 se ha elegido el modelo Arduino UNO, puesto que las entradas y salidas analógicas y digitales son suficientes para el desarrollo del presente proyecto.

2.2.1.2 *Arduino UNO*

Es una placa de desarrollo fundamentado en ATmega328P. Posee una circuitería de soporte, puerto USB y reguladores de tensión. Su programación se lo puede realizar desde cualquier computador con el software Arduino IDE. En la Figura 5-2 se puede observar la tarjeta de desarrollo Arduino UNO.



Figura 5-2: Arduino UNO

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Las especificaciones que posee la tarjeta de desarrollo Arduino UNO, según (Arduino, 2019) son:

- Voltaje de funcionamiento de 5 voltios.
- Tensión de entrada recomendada de 7 a 12 voltios.
- Corriente DC de 20 mA – 40 mA y corriente AC para el pin de 3.3V de 50 mA.
- Cuenta con 14 pines digitales de entrada/salida, de los cuales 6 proporcionan salida PWM, 6 pines de entrada analógica.
- Tiene una tarjeta de memoria de 32 KB.
- Velocidad de reloj de 16 MHz.

2.2.2 *Módulo SIM900 GSM/GPRS*

El módulo SIM900 GSM es una tarjeta formada por componentes electrónicos como: resistencias, condensadores, reguladores, etc. Como se muestra en la Figura 6-2, cuyos componentes permiten relacionarse correctamente con los distintos elementos. Es una tarjeta de expansión de

comunicación inalámbrica que permite al sistema realizar las comunicaciones necesarias con el usuario de manera remota, tiene compatibilidad con los modelos de Arduino de versión UNO (De la Cámara, 2017, pp 43-45).



Figura 6-2: Tarjeta SIM900 GSM/GPRS.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

A continuación, se detalla los principales elementos por los que está compuesta la tarjeta (De la Cámara, 2017, pp 43-45):

- Chip SIM900.
- Antena: Se puede conectar con el chip a través de un zócalo.
- Zócalo tarjeta SIM: Está ubicado en la parte inferior. En este lado se encuentra también una pila de botón de 3 voltios, que ayuda a mantener los datos cuando no exista alimentación.
- Conector de alimentación tipo Jack: La fuente de alimentación debe soportar las ráfagas de intensidad que se produce en la tarjeta. Ya que, al alimentar la tarjeta con 5 voltios, produce una intensidad operativa de 450 mA, y en ocasiones varía hasta 2 A.
- UART: Son comunicaciones serie asíncronas que se realiza mediante *hardware* por los pines D0 y D8; pero también se puede realizar mediante *software* a través de los pines D7 y D8. En este sentido, existen jumpers destinados para esta acción, en los que se configurará esta característica.
- Pines de Entrada y Salida: Los pines son similares a pesar de que no todos coinciden, estos permiten conectar la tarjeta con el Arduino. Los pines son analógicos, digitales y PWM.
- Conectores para micrófono y auricular: Estos conectores se utilizan en las llamadas telefónicas, son conectores de tipo minijack.
- Leds indicadores: Muestran el estado de los componentes de la tarjeta SIM900.

2.2.3 Sensor de nivel

El sensor utilizado estará sometido a censar agua, las cuales se desarrollan en un ambiente húmedo y tiene que poseer un grado de protección IP. Este sensor indicará el nivel adecuado en los tanques de reserva. En la Tabla 2-2 se menciona las características de tres sensores.

Tabla 2-2: Características de los sensores de nivel.

SENSOR	SUNX UA-11	SENSOR KOBOLD	MAXSONAR EZ0
Voltaje	12-24 V	12-36 V	2.5 - 5.5 V
Distancia (metros)	0-7.6	25	0.3-5
Grado de protección	IP-67	IP-67	IP-67
I (mA) OUT	4-20	4-20	4-20
Costo	\$450.00	\$750.00	\$50.00

Fuente: DfRobot, 2018

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

De los tres sensores mencionados en la Tabla 2-2 se ha seleccionado el sensor Max Sonar Ez0 para implementar en el sistema, por su bajo costo y por la distancia que mide, ya que los tanques de reserva tienen una altura aproximada de 4,5 m.

2.2.3.1 Sensor MaxSonar Ez0

El sensor MaxSonar Ez0 se muestra en la Figura 7-2, tiene un tamaño: 22x20x25mm lo que hace que sea un sensor compacto para la aplicación, garantiza precisión en el alcance.



Figura 7-2: Sensor MaxSonar EZ

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Las especificaciones que posee este sensor, según (DfRobot, 2018) son:

- Voltaje de funcionamiento va desde 2.5 voltios a 5.5 voltios.
- Posee tres salidas: Voltaje analógico, RS232 o TTL y Ancho de pulso.
- Cubre un rango máximo de 5000 mm o 195 in.
- Tiene una tolerancia a fuentes de ruido exterior.
- Tiene una rata de lectura de 10Hz.
- La temperatura de funcionamiento es de -15 °C (+5 °F) a 65 °C (+149 °F).
- Su calibración de voltaje, humedad y ruido ambiental es automática en tiempo real, se realiza en el primer ciclo de lectura.
- Posee una compensación de temperatura interna.

2.2.4 Sensor de Oxígeno Disuelto (OD)

Para escoger el sensor que se utilizará, se presenta tres modelos de sensores existentes en el mercado, con sus respectivas características, mostrado en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Características de los modelos de sensores de oxígeno disuelto

Características	DO-957	OD Atlas scientific	Analog DO SEN0237-A.
Aplicación	Medición del oxígeno disuelto convencional.	Campo, peceras, Monitoreo ambiental.	Medidor de calidad de agua, acuicultura, medidor ambiental.
Inversión	Baja (\$140.00)	Alta (\$283.00)	Baja (\$169.00)
Voltaje		3.3 - 5 V	3.3~5.5V
Rango de medición	0-19.9 mg/L	0,01-35,99 mg/L	0~20 mg/L
Circuito acondicionador	No	Si	Si
Error	+/-1p.p.b	+/- 0,05 mg/L	+/- 0,05 mg/L
Disponibilidad en el mercado	Online en el exterior	Online en el exterior	Online en el exterior

Fuente: Aliexpress, 2018; Atlas scientific 2018; dfrobot, 2018

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2018

Una vez revisado las características de los sensores de la Tabla 3-2, se opta por trabajar con el sensor OD de Atlas Scientific, por el rango de medición en el que trabaja, su error aceptable y porque posee el circuito acondicionador.

2.2.4.1 Sensor de Oxígeno Disuelto de Atlas Scientific

El sensor de Oxígeno Disuelto de Atlas Scientific se muestra en la Figura 8-2, tienen dimensiones de 16.5mm x 114mm, con cable de 1m de longitud, una vida útil de 5 años.

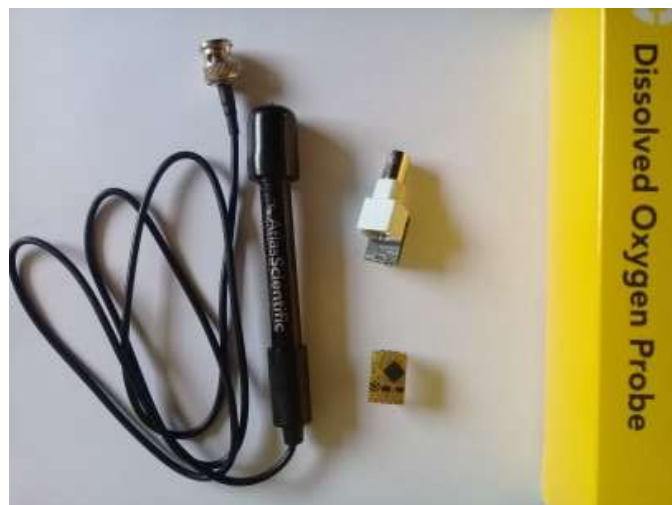


Figura 8-2: Sensor de OD de Atlas Scientific

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2018

Las especificaciones que posee este sensor, según (Atlas Scientific, 2018) son:

- Voltaje de operación: 3.3V a 5V.
- Rango de Temperatura: 0 °C a 50°C.
- Profundidad máxima de funcionamiento de la sonda, 343 m (1125 ft).
- Proporciona un tiempo de respuesta de: una lectura por segundo.
- Posee conector BNC (Conector de rápida conexión/desconexión).
- La sonda del sensor puede sumergirse en el agua hasta el conector BNC por un tiempo indefinido.

2.2.5 Sensor de Potencial de Hidrógeno (PH)

Se considera las características de tres modelos de sensores existentes en el mercado, mostrados en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Características de los modelos de sensores de pH.

Características	SEN0169 sensor analógico	PH Atlas scientific	PH3000
Aplicación	Medición de calidad del agua, acuicultura.	Calidad del agua.	Calidad del agua, farmacéuticas.
Inversión	Baja (\$56.95)	Baja (\$75.00)	Alta (\$215.25)
Voltaje	5 V	3.3 - 5 V	3.3~5.5V
Rango de medición	0-14 pH	0-14 pH	0-14 pH
Circuito acondicionador	Si	Si	No
Error	+/- 0.1pH (25°C)	+/- 0,02 pH	Na+ error at 12.3 < pH
Disponibilidad en el mercado	Online en el exterior	Online en el exterior	Online en el exterior

Fuente: Dfrobot, 2018; Atlas scientific 2018; Sensores, 2018.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2018

Según lo especificado en la Tabla 4-2, el sensor que cumple con las características de medición para el proyecto y tiene un error aceptable en la temperatura promedio que se encuentra el agua y una inversión baja es el sensor SEN0169.

2.2.5.1 Sensor de pH analógico SEN0169

La Figura 9-2 muestra el sensor de pH analógico SEN0169. Está fabricado de una membrana de vidrio sensible con baja impedancia, tiene una respuesta rápida en sus mediciones y una buena estabilidad térmica (DfRobot, 2018).



Figura 9-2: Sensor de pH analógico SEN0161

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2018

Este sensor posee las siguientes especificaciones, según (DfRobot, 2018):

- Electrodo de pH industrial con conector BNC (Conector de rápida conexión/desconexión).
- Potencia del módulo: 5V.
- Rango de medición: 0-14 pH.
- Temperatura de medición: de 0 a 60.
- Precisión: ± 0.1 pH (25°C).
- Tiempo de respuesta: ≤ 1 minuto.
- Tiene una interfaz PH2.0 que es un parche de 3 pies.
- Tiene un potenciómetro de ajuste de ganancia.
- Posee un led indicador de potencia o alimentación.

2.2.6 *Sensor de Conductividad*

En la Tabla 5-2 se muestra las características de los tres modelos de sensores que se han tomado en cuenta.

Tabla 5-2: Características de los modelos de sensores de Conductividad

Características	Sensor analógico DFR0300	Conductividad EZOTM	CON-BTA
Aplicación	Medición de calidad del agua, acuicultura, hidroponía, acuaponía	Calidad del agua	Biología, Química
Inversión	Baja (69.90)	Alta (\$239.00)	Alta (\$127.00)
Voltaje	3-5 V	3.3 - 5 V	5V
Rango de medición	0-20 ms/cm	5 - 200,000 uS	1-20 ms/cm
Circuito acondicionador	Si	Si	No
Precisión	±5% F.S.	+/- 2%	<± 5% F.S
Disponibilidad en el mercado	Online en el exterior	Online en el exterior	Online en el exterior

Fuente: Dfrobot, 2018; Atlas scientific 2018; Vemier, 2018.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2018

De acuerdo a las características indicadas en Tabla 5-2, el sensor que se escogió para utilizar en el presente proyecto es el Conductividad EZOTM, ya que tiene el rango de medición que se necesita para que el agua cumpla con los requerimientos establecidos en las normas descritas en la Tabla 1-1 y porque posee el circuito acondicionador.

2.2.6.1 Sensor Conductividad EZOTM

En la Figura 10-2 se muestra el sensor de conductividad, tienen dimensiones de 12mm x 152mm, y peso de 51g, con cable de 1m de longitud, superficie de medición de platino, una vida útil de 10 años.



Figura 10-2: Sensor de Conductividad EZO™

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2018

El sensor de conductividad tiene las especificaciones siguientes, según (Atlas Scientific, 2018):

- Voltaje de operación de 3.3 voltios a 5 voltios.
- Temperatura operacional: -40 °C hasta 125 °C.
- Profundidad máxima de funcionamiento de 60m.
- Tiene una superficie de medición de platino.
- Posee conector BNC (Conector de rápida conexión/desconexión).
- La sonda del sensor puede sumergirse en el agua hasta el conector BNC por un tiempo indefinido.

2.2.7 Sensor de Potencial de Óxido Reducción (ORP)

Para escoger el sensor a utilizar, se presenta las características de tres modelos de sensores mostrados en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2: Características de los modelos de sensores de ORP

Características	Sensor analógico SEN0165	ORP EZO™	ORP-BTA
Aplicación	Medición de calidad del agua, acuacultura, hidroponía, química general	Calidad del agua	Piscinas, calidad del agua
Inversión	Baja (\$ 89.05)	Alta (\$ 192.00)	Baja (\$ 104)
Voltaje	5 V	3.3 - 5 V	5V
Rango de medición	-2000 - 2000 mV	-1019.9 – 1019.9 mV	-450 – 1100 mV
Circuito acondicionador	Si	Si	No
Precisión	±10mV (25°C)	+/- 1mV	± 1mV
Disponibilidad en el mercado	Online en el exterior	Online en el exterior	Online en el exterior

Fuente: Dfrobot, 2018; Atlas scientific 2018; Vemier, 2018.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2018

Al revisar las características de los sensores indicados en la Tabla 6-2, se utilizará el sensor analógico SEN0165 de la empresa DfRobot, porque es de baja inversión y posee el circuito acondicionador.

2.2.7.1 Sensor Analógico SEN0165

El sensor analógico SEN0165 se muestra en la Figura 11-2. Está fabricado de una membrana de vidrio sensible con baja impedancia, tiene una respuesta rápida en sus mediciones y una buena estabilidad térmica (DfRobot, 2018).



Figura 11-2: Sensor analógico de ORP SEN0165

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2018

Este sensor posee las siguientes especificaciones, según (DfRobot, 2018):

- Potencia del módulo: +5 voltios.
- Rango de medición: -2000 mV a 2000 mV.
- Temperatura: 5°C a 70°C.
- Precisión: ± 10 mV (25°C).
- Tiempo de respuesta: ≤ 20 segundos.
- Tiene una sonda ORP con conector BNC (Conector de rápida conexión/desconexión).
- Interfaz PH2.0 (parce de 3 pines).
- Botón de calibración cero.
- Posee un LED indicador de potencia.

2.3 Software OPNET Riverbed Modeler Academic para el estudio y análisis de topología de red

Es un lenguaje de simulación orientado a las comunicaciones, que posee un entorno virtual el que permite a los usuarios modelar y analizar mensajes de flujo de control, paquetes perdidos, caídas de los enlaces, mensajes de datos, etc de las diferentes infraestructuras de redes previo a su implementación física. Con la ventaja de hacer uso de diferentes tipos de redes como: TDMA, ethernet, WLAN, etc. Y utilizando protocolos como OSPFv3, MPLS, TCP, VoIP, entre otros (Riverbed, 2019). Su entorno de trabajo se puede visualizar en la Figura 12-2. Se utilizó la versión 14.5 para el desarrollo del proyecto.

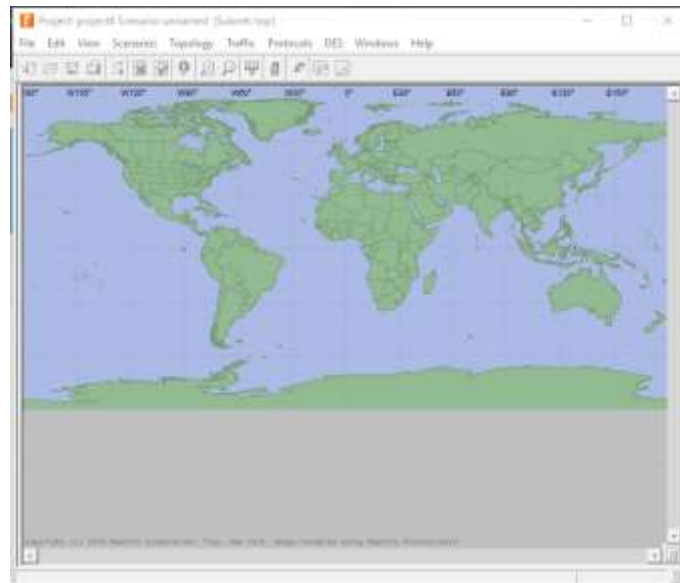


Figura 12-2: Entorno de trabajo de Riverbed Modeler Academic.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2018

2.4 Esquema de conexión del Sistema Inalámbrico

En esta parte se especifican las respectivas conexiones realizadas con los elementos que componen la red de nodos inteligentes.

2.4.1 Diagrama de conexión de la Etapa de Procesamiento de Datos

En la Figura 13-2 se indica las conexiones realizadas con los diferentes sensores en la etapa de procesamiento de datos. El dispositivo de procesamiento es el Arduino UNO, cuyos terminales se encuentran conectadas a los diferentes componentes de la siguiente manera:

- Todos los sensores tienen una alimentación de 5V suministrada por los terminales de 5V y de GND del Arduino.
- El sensor de nivel LV MaxSonar Ez0, tiene conectada su salida digital de PW (Ancho de Pulso) terminal 3 con el terminal digital 10 del Arduino, con una alimentación de 5V y GND.
- El circuito del sensor de OD, tiene conectado el terminal de transmisión al terminal digital 2 y el terminal de recepción al terminal digital 3 del Arduino, con una alimentación de 5 V y GND.
- El sensor de pH analógico SEN0161, a través del conector BNC se conecta con la placa de circuito, y ésta se conecta al puerto A0 del microcontrolador Arduino. Tiene una alimentación de 5V y GND.

- La placa del circuito del sensor de Conductividad EZO™, tiene conectado el terminal de Tx al puerto digital 4 y el terminal de Rx al puerto digital 5, con alimentación de 5 voltios y GND.
- La placa de circuito del sensor de ORP SEN0165, tiene una conexión con el puerto analógico A1 del Arduino, alimentación de 5V y GND.

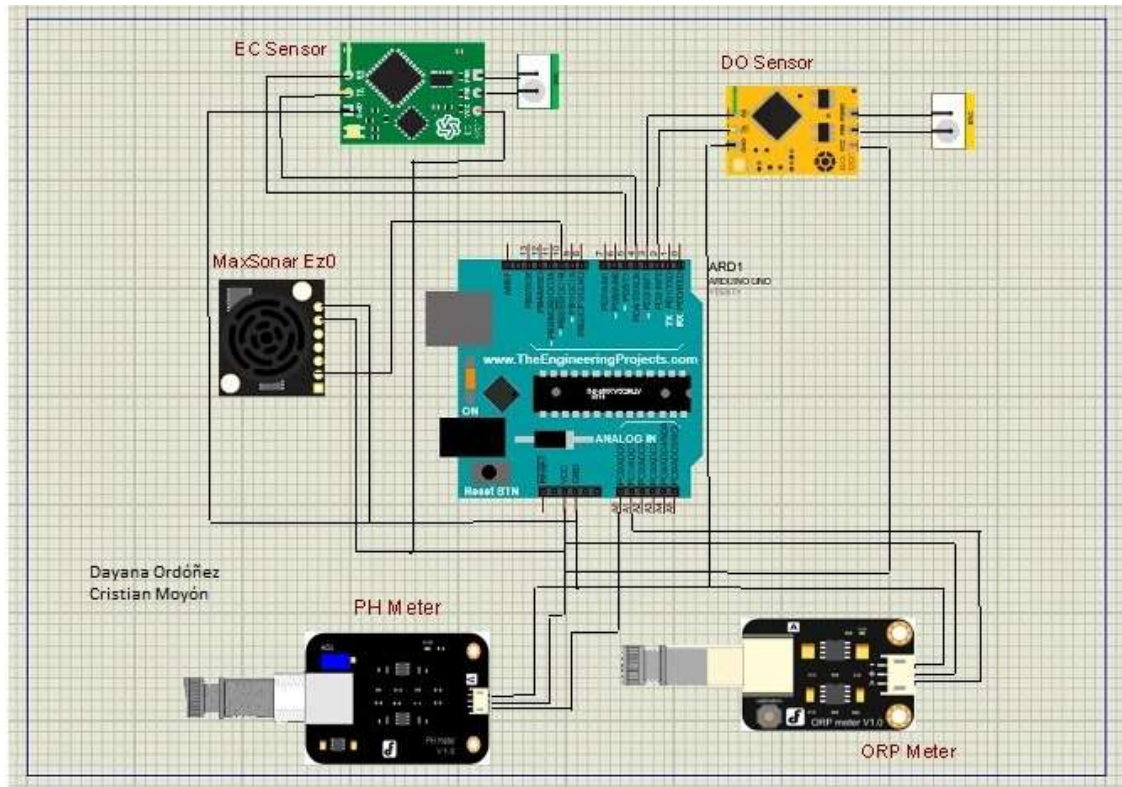


Figura 13-2: Esquema de conexión de la etapa de Procesamiento de Datos.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

2.4.2 Diagrama de conexión de la etapa de Transmisión de Datos

Se utiliza el módulo shield SIM900 GSM/GPRS para transmitir los datos procesados en la etapa de Procesamiento de Datos, como se puede observar en la Figura 14-2. Las conexiones realizadas son:

- El terminal 7 de Rx al terminal 7 de Tx del Arduino.
- El terminal 8 de Tx al terminal 8 de Rx del Arduino.
- El terminal de 5V del GSM al terminal de 5V del Arduino.
- El terminal GND del GSM al terminal de GND del Arduino.

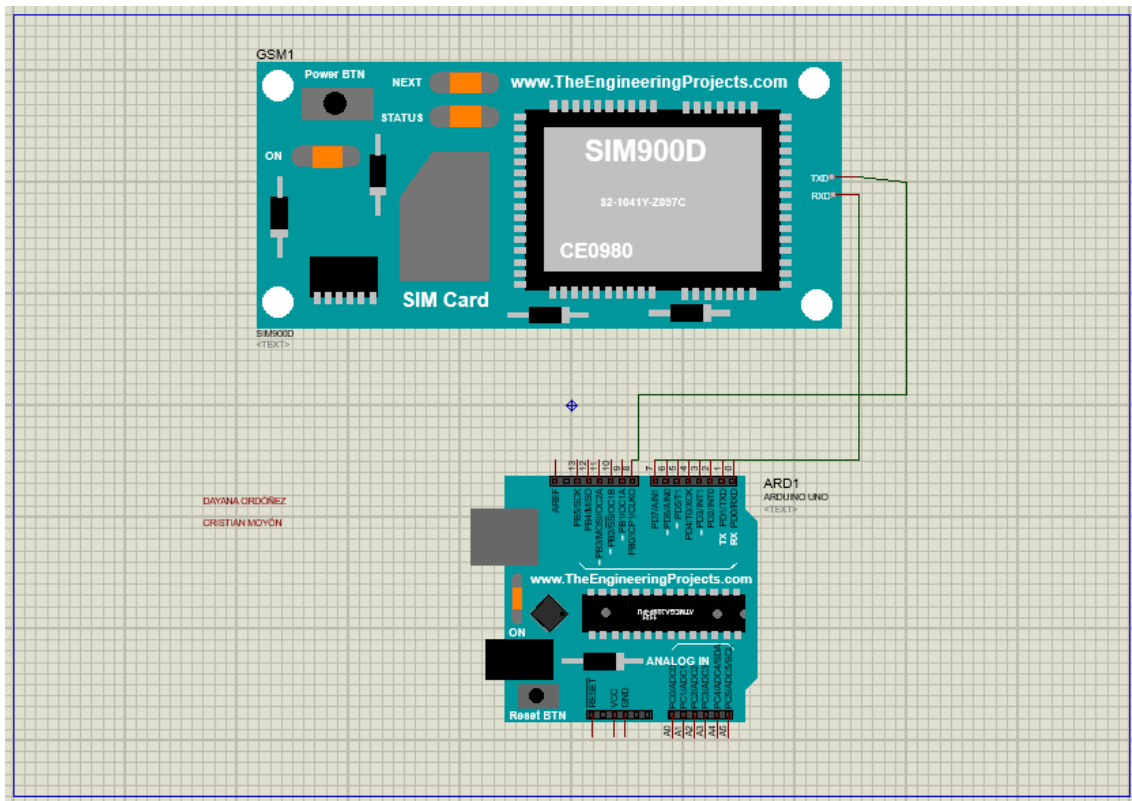


Figura 14-2: Esquema de la etapa de Transmisión de Datos

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

2.4.3 Diagrama de conexión de la etapa de Supervisión de la Información

Siendo la red una red inalámbrica, esta etapa no tiene conexiones a nivel *hardware* que mostrar. Razón por la cual solo se puede encontrar un computador o dispositivo móvil con acceso a la página web, en la que podrá observar la información sobre la calidad y el nivel del agua.

2.5 Alimentación de la Red Inalámbrica de Supervisión del Agua

Se usa un adaptador de voltaje AC-DC de 12v 2A el mismo que se indica en la Figura 15-2, ya que en los tanques de reserva se cuenta una red eléctrica disponible. Este adaptador energiza los sensores, el Arduino UNO y el módulo SIM900 GSM/GPRS.



Figura 15-2: Fuente de alimentación del prototipo

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

2.6 Requerimiento *Software* de la Red Inalámbrica de Supervisión del Agua

Se realiza una descripción de los requerimientos necesarios del *software* de SAIR con su respectivo diagrama de flujo para la interacción de los módulos que este compone.

2.6.1 *Requerimiento software para la etapa de Procesamiento de Datos*

- Recolectar los datos enviados por los sensores y procesarlos.
- Funciones que permitan el envío de los datos recolectados al módulo SIM900 mediante comandos AT.
- Tener los comandos AT necesarios para controlar el módulo SIM900 del módulo de transmisión y el envío de información al servidor web.
- Enviar un SMS como alerta cuando los parámetros están fuera del rango, utilizando comandos AT.

2.6.2 *Requerimiento software para el Módulo de Transmisión*

- Enviar la información del módulo recolector de datos a través de la red GPRS a la base de datos del servidor.

2.6.3 Requerimiento software para la etapa de Supervisión de la Información.

- Alojarse los datos enviados por SAIR en la base de datos.
- Los datos recolectados de las mediciones deben ser visualizados por medio de gráficas y tablas de registro en un servidor web.
- Permitir descargar el reporte con la información de las mediciones realizadas.

2.6.4 Programación del prototipo de red.

El código de programación realizado para la programación del prototipo construido se indica en los Anexos B y C. Y en esta parte se muestra el diagrama de flujo, librerías, funciones que se ocupó en cada módulo.

2.6.4.1 Diagrama de flujo de SAIR

En la Figura 16-2 se puede observar el diagrama de flujo del proceso que cumple SAIR.

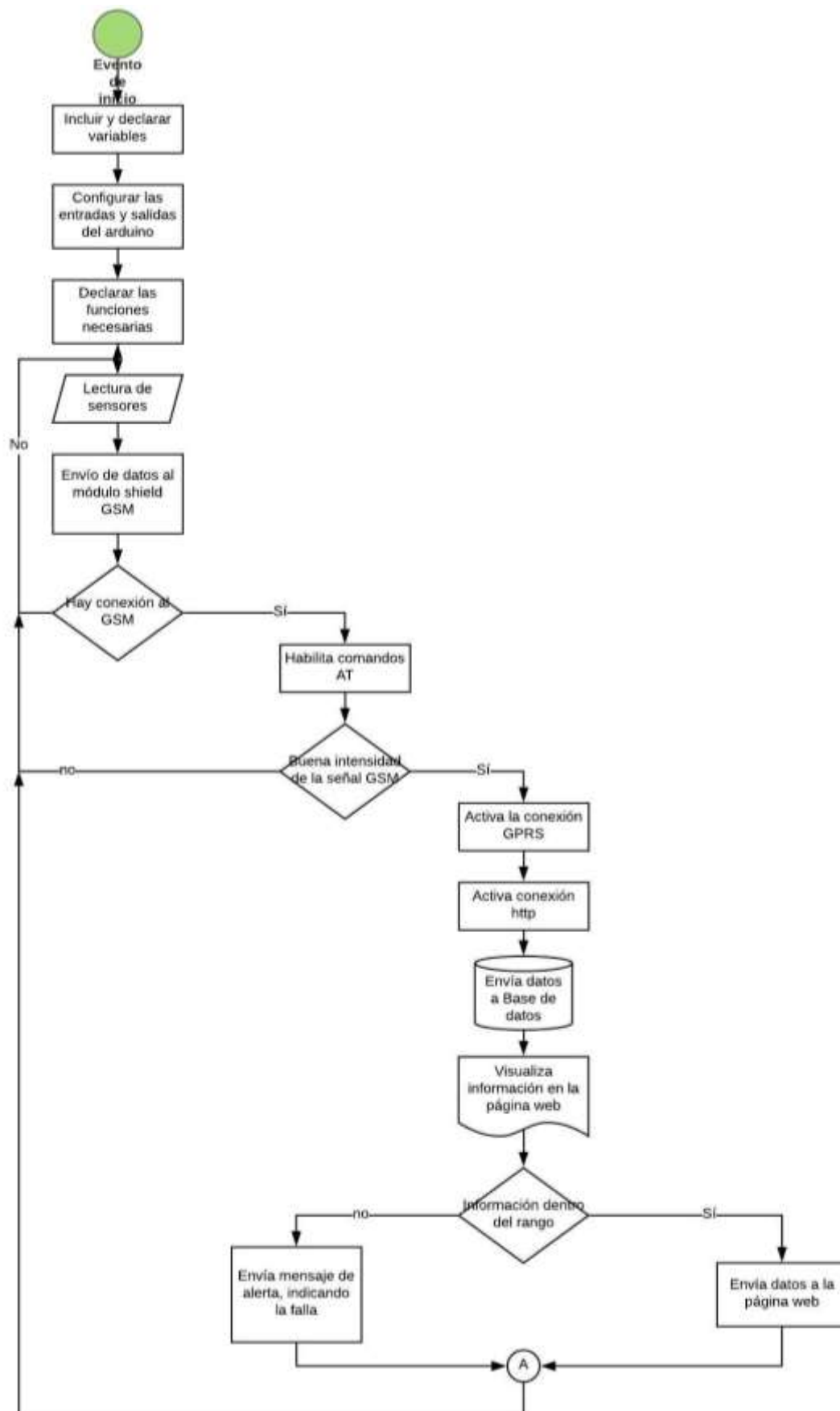


Figura 16-2: Diagrama de flujo de SAIR

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

De la figura 16-2 se define la programación realizada del prototipo de red que se detalla a continuación:

Inicialización:

- Incluir la librería **SoftwareSerial.h**, librería utilizada para que exista comunicación en serie con todos los pines analógicos y digitales del Arduino (Arduino, 2019).
- Declarar las variables de cada sensor: OD=0, EC=0, n_agua, pHValue y ORP_Value, variables que almacenan los datos emitidos por los sensores.
- Configurar las entradas y salidas del Arduino, como se describe en la Figura 13-2 y Figura 14-2 del esquema de conexión.
- Declarar las funciones a utilizar.

Bucle repetitivo

- Lectura de sensores.
- Procesa los datos para enviar al módulo GSM.
- Comprueba si existe conexión con el módulo GSM, si esto ocurre procede a habilitar los comandos AT, caso contrario regresa a la lectura de sensores nuevamente.
- Comprueba la intensidad de la señal del módulo SIM900 para el envío de la información a la base de datos. El valor debe ser superior a 10 (-93dBm) para que no exista pérdida de la información. La Tabla 7-2 muestra los valores de intensidad de señal (SIMCom, 2015, pp 81).

Tabla 7-2: Valores de intensidad de la señal

Valor	RSSI dBm	Condición
2	-109	Marginal
3	-107	Marginal
4	-105	Marginal
5	-103	Marginal
6	-101	Marginal
7	-99	Marginal
8	-97	Marginal
9	-95	Marginal
10	-93	OK
11	-91	OK
12	-89	OK
13	-87	OK
14	-85	OK
15	-83	Buena
16	-81	Buena
17	-79	Buena

18	-77	Buena
19	-75	Buena
20	-73	Excelente
21	-71	Excelente
22	-69	Excelente
23	-67	Excelente
24	-65	Excelente
25	-63	Excelente
26	-61	Excelente
27	-59	Excelente
28	-57	Excelente
29	-55	Excelente
30	-53	Excelente

Fuente: (SIMCOM,2015, p.81)

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

- Se activa la conexión GPRS, siguiendo los pasos descritos en el manual del SIM900 (SIM900_IP_Application, 2014, p. 5).
- Se activa la conexión Http método POST como lo indica el manual del SIM900 (SIM900_IP_Application, 2014, p. 6).
- Realiza el envío de los datos a la base de datos SQL.
- Se visualiza la información enviada en la página web.
- Comprueba que la información enviada se encuentra dentro de los límites de la Tabla 1-1, si esto no cumple se enviará un mensaje de texto a un número celular establecido de la persona encargada, indicando que el valor de los parámetros no es adecuado.

2.6.5 *Software de desarrollo del sistema*

El software utilizado está compuesto de programación estructurada por medio de sentencias y funciones que permiten cumplir con los requerimientos establecidos, estas herramientas de programación se detallan a continuación:

2.6.5.1 *Software Arduino IDE*

Para la programación de las etapas de procesamiento y transmisión se utilizó la versión Arduino 1.6.7, es un *software* de código abierto Arduino IDE, es una interfaz que permite escribir líneas de código y cargarlo en una pizarra. El entorno Arduino se encuentra escrito en Java. Además, es compatible con cualquier placa Arduino. Es un *software* que se ejecuta en los diferentes sistemas

operativos, como Windows, Linux, Mac OS (Arduino, 2019). En lo que respecta a la programación, su lenguaje es C y C++. La estructura básica del lenguaje de programación, se compone de dos partes; las mismas que contienen mecanismos necesarios para realizar las declaraciones o instrucciones (Ruiz, 2007).

2.6.5.2 Herramienta Software ASP.NET

.NET es una plataforma de desarrollo libre, de código abierto para crear aplicaciones de diferentes tipos. Es muy útil porque es usado con algunos editores, lenguajes de programación y librerías para poder desarrollar páginas web, juegos, aplicaciones móviles y de escritorio e internet de las cosas. Se puede desarrollar aplicaciones .NET en los siguientes lenguajes de programación: C#, F# o Visual Basic (Microsoft, 2019). En la programación se ha utilizado la versión 4.5 y el lenguaje de programación C#.

2.6.5.3 Gestor de Base de Datos (SGBD)

Consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a dichos datos. La colección de datos, normalmente denominada base de datos contiene información relevante para una empresa. El objetivo principal de un SGBD es proporcionar una forma de almacenar y recuperar la información de una base de datos de manera que sea tanto práctica como eficiente (Silberschatz, et al,2006).

Para crear y gestionar la base de datos se utilizó la herramienta de base de datos del hosting SmarterASP.NET el cual nos permite crear, modificar y eliminar una base datos, este contendrá la información enviada por la etapa de transmisión. En la figura 17-2 se visualiza la base de datos denominada DataFlowSensorsDB la cual contiene ocho tablas.



Table	Owner	Date created	Filegroup	Rows
AspNetRoles	dbo	4/26/2019 7:48:25 PM	PRIMARY	3
AspNetUserClaims	dbo	4/26/2019 7:48:25 PM	PRIMARY	0
AspNetUserLogins	dbo	4/26/2019 7:48:25 PM	PRIMARY	0
AspNetUserRoles	dbo	4/26/2019 7:48:25 PM	PRIMARY	2
AspNetUsers	dbo	4/26/2019 7:48:25 PM	PRIMARY	2
Component	dbo	4/26/2019 7:48:25 PM	PRIMARY	1
Equipment	dbo	4/26/2019 7:48:25 PM	PRIMARY	2
FlowDataSensors	dbo	4/26/2019 7:48:24 PM	PRIMARY	10
TreatmentUnit	dbo	4/26/2019 7:48:25 PM	PRIMARY	2

Figura 17-2: Gestión de Base de datos en SmarterASP.net

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

En la Figura 18-2 se observa la estructura modelo entidad-relación, contiene cuatro tablas principales:

- **Treatment Unit:** Contiene la ubicación geográfica de la unidad de tratamiento, una descripción, la capacidad de almacenamiento del tanque y un código único.
- **Equipment:** Contiene la posición en el tanque a tratar, medidas del equipo, un id de equipo, un id de selección de unidad de tratamiento.
- **Component:** Contiene la descripción de los sensores, id del equipo y el id de la unidad de tratamiento asignado.
- **FlowDataSensors:** Contiene los valores de los sensores, un id otorgado por la tabla equipment y la hora de registro de los datos.

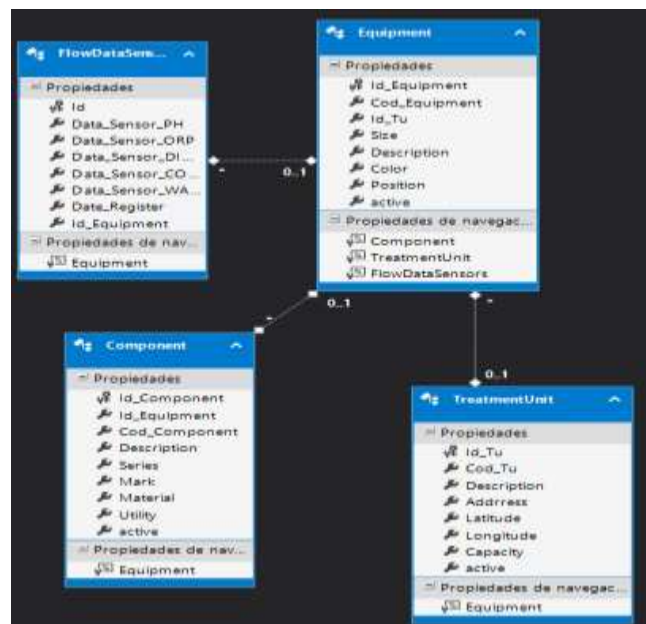


Figura 18-2: Estructura modelo de la Base de Datos

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

La información emitida por SAIR se almacena en la tabla FlowDataSensors como se puede apreciar en la Figura 19-2.

SQL \ SQL5013 \ Databases \ DB_A48124_DataFlowSensorsDB \ Tables \ [DB_A48124_DataFlowSensorsDB].[dbo].[FlowDataSensors]

Table Content

Query: SELECT * FROM [DB_A48124_DataFlowSensorsDB].[dbo].[FlowDataSensors]

Record(s) found: 15

Actions:

Id	Data_Sensor_PH	Data_Sensor_ORP	Data_Sensor_DISSOLVED_OXYGEN	Data_Sensor_CONDUCTIVITY	Data_Sensor_WATER_LEVEL	Date_Registres
1	2.1	2.5	3.3	2.4	4.2	5/1/2019 4:40:03 PM
2	2.2	2.6	3.4	2.5	4.3	5/1/2019 4:50:00 PM
3	1.2	1.6	1.4	1.3	1.3	5/1/2019 4:57:46 PM
12	2.62	320	1.25	130	30	5/28/2019 7:44:31 PM
13	4.77	1775.89	3.69	460.4	3.64	5/29/2019 8:41:05 AM
23	4.77	1775.89	3.69	460.4	2.84	5/29/2019 3:50:37 PM
33	1.3	1.6	1.4	1.3	1.3	6/2/2019 4:36:17 PM
34	2.2	2.6	2.4	2.5	2.3	6/2/2019 4:36:19 PM
35	3.2	3.6	3.4	3.5	3.3	6/2/2019 4:36:54 PM
36	4.2	4.6	4.4	4.5	4.3	6/2/2019 4:37:06 PM
37	1.2	5.6	3.4	4.5	3.3	6/2/2019 4:37:51 PM
38	5.2	1.6	3.4	2.5	4.3	6/2/2019 5:00:09 PM
40	6.92	692.36	6.12	1748.1	24.5	6/2/2019 5:15:22 PM
41	6.92	692.36	6.12	748.1	13	6/2/2019 5:18:17 PM
42	6.92	690.93	6.23	746.9	15	6/2/2019 5:20:34 PM
43	6.91	692.36	6.06	748.1	13	6/2/2019 5:23:48 PM

Figura 19-2: Información almacenada en la Tabla FlowDataSensors.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

2.6.6 Presentación y visualización de información de SAIR

Para realizar la visualización de la información de los parámetros de agua, se lo realiza mediante la página web desarrollada, para lo cual se adquirió un dominio web pagado en GoDaddy y su URL es “sairiot.com”.

La página contiene información acerca del prototipo, el rango de los parámetros del agua considerados según MAE y un mapa de la ubicación geográfica de las unidades de tratamiento en forma de llaves en Google maps como se puede observar en la Figura 20-2. Al hacer click en las llaves se despliega las gráficas de los valores de los sensores como se muestra en la Figura 21-2. En la parte inferior el contacto de los administradores.

Consta de un menú con dos opciones principales:

- Administración: solo el personal encargado podrá tener acceso a este menú donde se ingresa los datos de las unidades de tratamiento, equipos y controla el acceso de nuevos usuarios ya sean como invitados o administradores.
- Reporte: Contiene los valores de los sensores en una tabla y la opción de descargar el reporte acorde a la unidad de tratamiento y equipo seleccionado como se muestra en la Figura 22-2.



Figura 20-2: Presentación de la página web

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

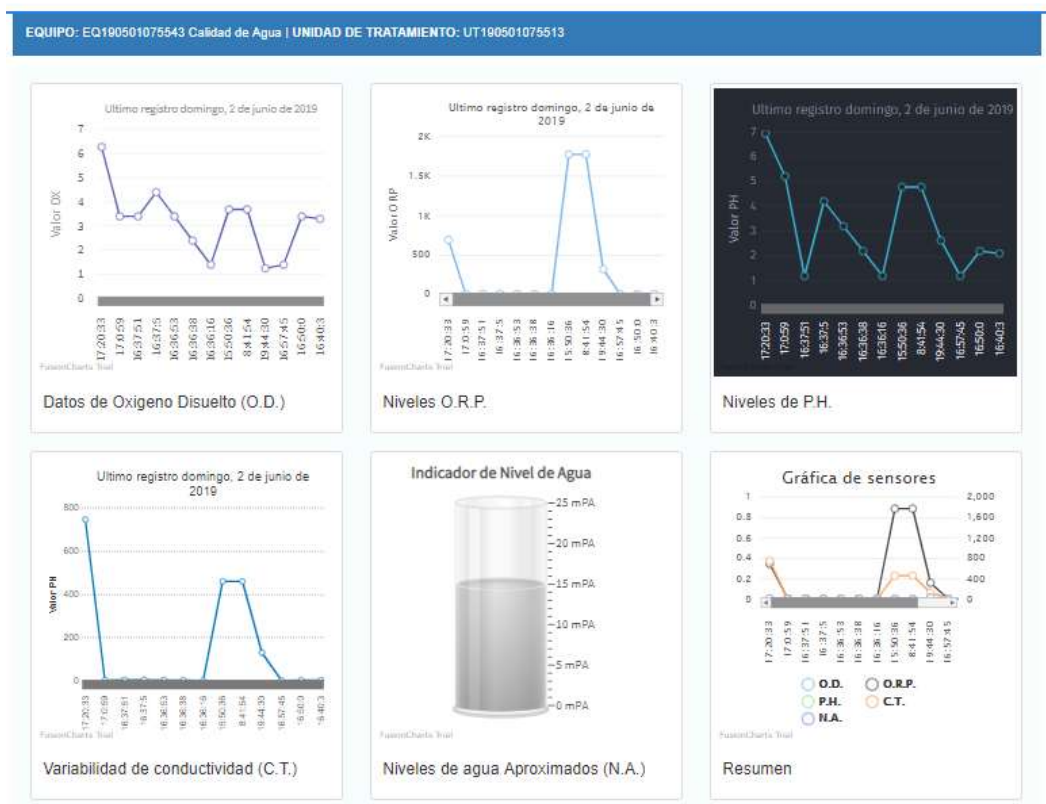


Figura 21-2: Estadísticas de la información del agua potable

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

FLUJO DE DATOS DE LOS SENSORES

Seleccione la UT.		Seleccione un equipo		Fecha desde		Fecha hasta		
Seleccione una U		Seleccione un Eq		dd-mm-yyyy		dd-mm-yyyy		
PH	Nivel de agua	Oxígeno Disuelto	Conductividad	ORP	Fecha de registro		Código EQ.	
1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	5/1/2019 4:57:45 PM		EQ190501075543	
2.20	4.30	3.40	2.50	2.60	5/1/2019 4:50:00 PM		EQ190501075543	
2.10	4.20	3.30	2.40	2.50	5/1/2019 4:40:03 PM		EQ190501075543	

Figura 22-2: Valores medidos del agua potable

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se evalúa el prototipo de red, mediante pruebas de validación de los sensores de pH, oxígeno disuelto, conductividad, ORP, pruebas de comunicación inalámbrica como intensidad de la señal de la red celular, calidad de enlace, tiempos de retardo en la comunicación de SAIR con el servidor, pruebas de almacenamiento de información y generación de mensajes de alertas. También, se realiza un análisis de costos del prototipo. Las pruebas no se pudieron realizar en las instalaciones de EP-EMAPAR, por lo que se procedió a tomar diferentes tipos de muestras de agua y analizarlas en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

3.1 Pruebas de Simulación

Esta prueba consiste en simular la topología en estrella con el *software* Riverbed Modeler para determinar la capacidad máxima de nodos que puede integrarse en una estación base, a través de la determinación del nivel de utilización del enlace de la red celular GPRS, incrementando nodos en un período de 30 minutos. En la Figura 1-3 se puede observar el escenario desarrollado de la topología en estrella hasta 16 nodos.

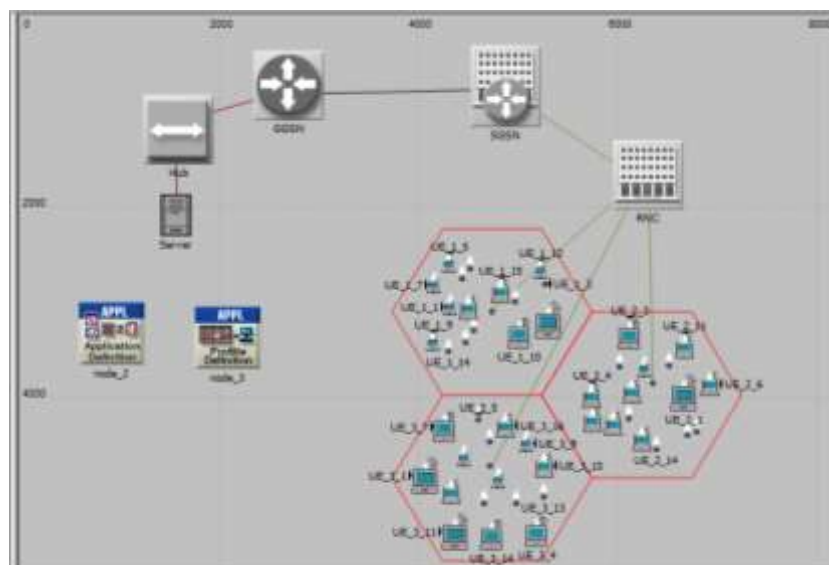


Figura 1-3: Topología en estrella con 16 nodos.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

En la Figura 2-3 se puede observar los resultados de la simulación de la Figura 1-3 en la que el throughput es 121 bit/seg.

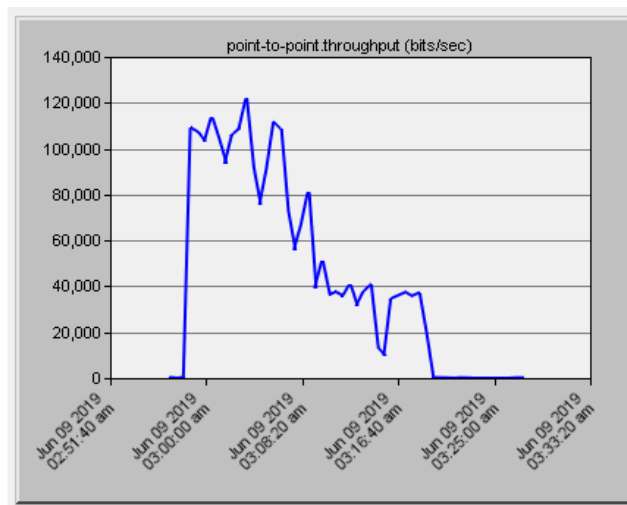


Figura 2-3: Resultado de los paquetes enviados.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

La Figura 2-3 indica que existe sobrecarga en el enlace ya que es superior a la capacidad máxima de la tecnología GPRS, que es 115kbps (BBC, 2016). Por lo que se concluye que el número de nodos que se deben conectar a cada estación base debe ser menor a 16 nodos.

3.2 Validación de los sensores del prototipo de red SAIR

El objetivo de esta prueba es determinar la estabilidad y el error absoluto de SAIR, comparado con equipos patrones del Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH descritos en la Tabla 1-3. La Figura 3-3 muestra la parte interna y externa del prototipo de red SAIR.





Figura 3-3: Parte interna (izquierda). Parte externa (derecha) del Prototipo de red SAIR.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Las pruebas se efectuaron durante cuatro días, se tomó 10 muestras diferentes de agua los cuales se hizo un análisis comparativo de los datos obtenidos por los sensores de pH y conductividad de SAIR con los equipos descritos en la Tabla 1-3. El error de oxígeno disuelto, ORP y nivel de agua no se evaluó por razón de no disponer de los equipos necesarios en el Laboratorio.

Tabla 1-3: Equipos de patrones del Laboratorio de Calidad de Agua

Nombre del Equipo	Ph metro Consort C562	Conductímetro Extech instruments exstik II
Equipo		
Alimentación	Adaptador AC 120V- 9V 300 mA	12 V 225 mA
Calibración	1-3 puntos	Auto calibración
Rango	0-14 pH	0 μ S -19.99 mS
Resolución	0.1 pH	1 μ S

Fuente: Consort, 2007; Extratech, 2016.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Se realizó dos pruebas de validación de sensores, los mismos que se detallan a continuación.

3.2.1 Validación del sensor de PH y Conductividad

Esta prueba consiste en determinar si el prototipo de red SAIR incorpora error a los sensores de pH y Conductividad. Con los sensores de pH SEN0169 con error de ± 0.1 pH y conductividad EZOTM con error de $\pm 1 \mu\text{S}/\text{cm}$ de SAIR se obtiene los valores de las diez muestras de agua y se compara con los valores obtenidos de los equipos patrones, como se muestra en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Validación del sensor pH y conductividad

N° Muestra	Potencial de Hidrógeno (pH)		Error Absoluto pH	Conductividad		Error Absoluto Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)
	Sensor de ph SEN0169 SAIR (pH)	Ph referencial Consort C562 (pH)		Sensor de EC EZO TM SAIR ($\mu\text{S/cm}$)	EC referencial Extech exstik II ($\mu\text{S/cm}$)	
1	9,85	9,91	0,06	1958	1957	1
2	7,88	7,93	0,05	1920	1920	0
3	9,73	9,69	- 0,04	2151	2150	1
4	10,03	9,94	-0,09	1049	1050	-1
5	8,77	8,72	-0.05	1259	1258	1
6	8,56	8,49	-0.07	1031	1032	-1
7	7,92	7,82	-0.10	1189	1190	-1
8	6,92	6,83	-0.09	1249	1248	1
9	7,21	7,12	-0.09	1167	1167	0
10	6,92	6,86	-0.06	748,1	749	-0,9

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Se concluye que de los datos obtenidos en la Tabla 2-3 el error absoluto de pH es ± 0.1 pH y el de conductividad es $\pm 1 \mu\text{S/cm}$, razón por la cual el prototipo de red implementado no introduce errores adicionales a los sensores, por lo que el error absoluto no es mayor al error esperado.

3.2.2 Repetitividad del prototipo de red SAIR

La finalidad de esta prueba es indicar la precisión del prototipo de red SAIR, calculando el coeficiente de variación para calificar la eficacia estadística de los valores tomados para que no pase el 7% de variación (DANE, 2008, p.5). La Figura 4-3 evidencia el desarrollo de esta prueba. Para lo cual se tomó los datos de diez muestras durante 10 minutos en intervalos de 1 minuto bajo las mismas condiciones ambientales. Se toma como referencia este tiempo debido a que las lecturas del sensor de oxígeno disuelto toma entre 5-30 segundos para que las lecturas se estabilicen.

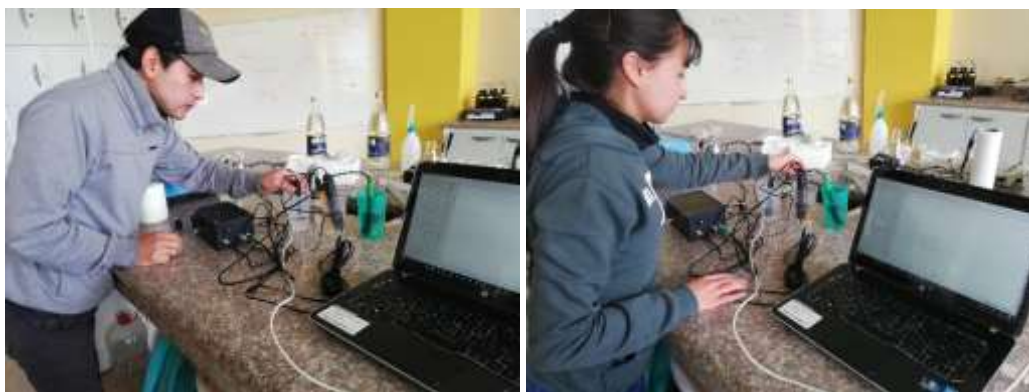


Figura 4-3: Evidencia de la validación de estabilidad

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Los datos obtenidos por los sensores son procesados y enviados por SAIR y se almacenan en la base de datos SQL, con la ayuda de una hoja de cálculo se calcula la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación de los datos, como se muestra en la Tabla 3-3

Tabla 3-3: Repetitividad de los valores leídos por SAIR

N° Muestra	HORA	OD (mg/L)	PH (pH)	CE (uS/cm)	ORP (mV)	NIVEL DE AGUA (cm)
1	10:50:37	6,26	7,75	1031	775,09	15
2	10:51:37	6,27	7,75	1031	774,8	15
3	10:53:37	6,18	7,75	1029	774,8	15
4	10:54:37	6,22	7,75	1029	774,52	15
5	10:55:37	6,27	7,75	1029	775,37	15
6	10:56:27	6,21	7,75	1031	774,8	15
7	10:57:37	6,22	7,75	1029	774,52	15
8	10:59:37	6,28	7,75	1029	775,37	15
9	10:59:37	6,23	7,76	1029	776,23	15
10	11:00:37	6,18	7,75	1031	775,37	15
Media		6,232	7,751	1029,8	775,087	15
Desviación estándar		0,037	0,003	1,033	0,520	0,000
Coeficiente de variación		1%	0%	0%	0%	0%

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Los valores obtenidos en la Tabla 3-3 determinan que el sensor de OD tiene un coeficiente de variación de 1%, los sensores de PH, conductividad, ORP y nivel tienen un coeficiente de variación de 0%, por lo tanto, el prototipo de red SAIR posee precisión ya que no presenta un coeficiente de variación mayor al 7% (DANE,2008, p.5).

3.3 Pruebas de comunicación inalámbrica del prototipo de red SAIR

Esta prueba consiste en verificar la intensidad de la señal de la red celular, la calidad de enlace, tiempos de retardo en la publicación de la información, pruebas de almacenamiento de la información en la base de datos SQL y el proceso de alertas del prototipo de red de nodo inteligente SAIR en la etapa de transmisión y supervisión. Para lo cual se utilizó aplicaciones de Android y herramientas de software que se detallan en cada uno de sus apartados.

3.3.1 Intensidad de la señal de la red celular

El objetivo de esta prueba es verificar la intensidad de la señal de la red celular en la etapa de transmisión de los datos del prototipo de red de nodo inteligente SAIR. Para lo cual se acudió a tres tanques de reserva de la empresa EP-EMAPAR y con la ayuda de una aplicación gratuita de Android denominada “Network Cell Info Lite” versión 4.18 (Google Play Store, 2019) se obtuvo los valores de intensidad de la señal como se muestra en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Intensidad de la señal de la red celular

Lugar	Intensidad de la señal (dBm)
Tanque de reserva Maldonado	-81
Tanque de reserva de la Saboya	-88
Tanque de reserva Piscin	-83

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

De los valores de intensidad de señal obtenidos en la Tabla 4-3 se concluye que son mayores a -93dBm, lo que indica que la comunicación en la etapa de transmisión de SAIR con la base de datos será exitosa sin que exista pérdida de la información del agua en cada uno de estos tanques de reserva.

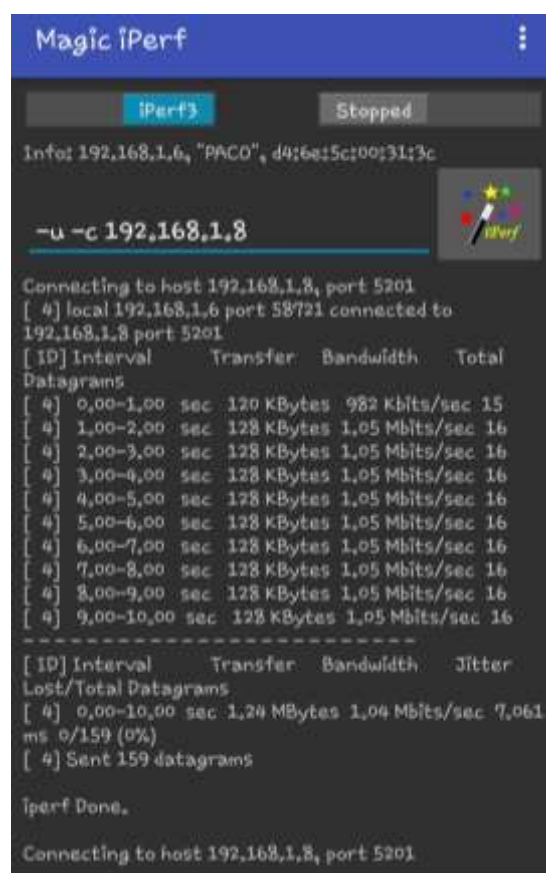
3.3.2 Calidad de enlace de la red

Esta prueba consiste en determinar la variación de tiempo (*jitter*) que tarda en llegar los paquetes a la base de datos, el ancho de banda por el protocolo TCP y la pérdida de paquetes mediante el protocolo UDP. Para el cual se hace uso de la herramienta cliente- servidor Iperf (Iperf.fr, 2019). Se realizaron dos pruebas que se detalla a continuación:

3.3.2.1 Variación de tiempo de los paquetes

Esta prueba consiste en determinar la calidad del enlace en la etapa de transmisión y la etapa de supervisión mediante la red celular GPRS. Se hace uso de la herramienta Iperf3 la cual funciona por medio de comandos, para el servidor se utiliza una laptop y el cliente un smartphone.

Para esta prueba se determina que el porcentaje de paquetes perdidos sea menor al 100% y se considera que la intensidad de la señal sea mayor a -93dBm y el envío de datagramas UDP. El cliente hace la petición enviando datagramas de 159 bytes con la dirección IP 192.168.1.6 al servidor local con dirección IP 192.168.1.8 y el puerto que escucha es el 5201, la Figura 5-3 evidencia la prueba de la misma, se realizó 5 peticiones cada 10 segundos con intervalos de 1 segundo como se muestra en la Figura 6-3 obteniendo que el número de paquetes que recibe el servidor es de 159 bytes.



```

Magic iPerf
iPerf3 Stopped
Info: 192.168.1.6, "PACO", d4:6e:5c:00:31:3c
-u -c 192.168.1.8

Connecting to host 192.168.1.8, port 5201
[ 4] local 192.168.1.6 port 58721 connected to
192.168.1.8 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth  Total
Datagrams
[ 4] 0.00-1.00 sec  128 KBytes  982 Kbits/sec  15
[ 4] 1.00-2.00 sec  128 KBytes  1.05 Mbits/sec  16
[ 4] 2.00-3.00 sec  128 KBytes  1.05 Mbits/sec  16
[ 4] 3.00-4.00 sec  128 KBytes  1.05 Mbits/sec  16
[ 4] 4.00-5.00 sec  128 KBytes  1.05 Mbits/sec  16
[ 4] 5.00-6.00 sec  128 KBytes  1.05 Mbits/sec  16
[ 4] 6.00-7.00 sec  128 KBytes  1.05 Mbits/sec  16
[ 4] 7.00-8.00 sec  128 KBytes  1.05 Mbits/sec  16
[ 4] 8.00-9.00 sec  128 KBytes  1.05 Mbits/sec  16
[ 4] 9.00-10.00 sec 128 KBytes  1.05 Mbits/sec  16
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth  Jitter
Lost/Total Datagrams
[ 4] 0.00-10.00 sec 1.24 MBytes  1.04 Mbits/sec  7.061
ms 0/159 (0%)
[ 4] Sent 159 datagrams

Iperf Done.

Connecting to host 192.168.1.8, port 5201

```

Figura 5-3: Evidencia envío de datagramas UDP por el cliente

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

```

c:\>iperf3 -s
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 192.168.1.6, port 43904
[ 5] local 192.168.1.8 port 5201 connected to 192.168.1.6 port 54906
[10] Interval      Transfer      Bandwidth      Ditter      Lost/Total Datagrams
[ 5] 0.00-1.00 sec  128 KBytes    983 kbits/sec   47.501 ms    0/15 (0%)
[ 5] 1.00-2.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec  19.344 ms    0/16 (0%)
[ 5] 2.00-3.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   5.310 ms    0/16 (0%)
[ 5] 3.00-4.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec  12.535 ms    0/16 (0%)
[ 5] 4.00-5.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   7.110 ms    0/16 (0%)
[ 5] 5.00-6.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   4.355 ms    0/16 (0%)
[ 5] 6.00-7.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec  10.624 ms    0/16 (0%)
[ 5] 7.00-8.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   6.508 ms    0/16 (0%)
[ 5] 8.00-9.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   4.911 ms    0/16 (0%)
[ 5] 9.00-10.00 sec 128 KBytes    1.05 Mbits/sec   4.045 ms    0/16 (0%)
[ 5] 10.00-10.03 sec 0.00 Bytes    0.00 bits/sec   4.045 ms    0/0 (0%)
-----
[10] Interval      Transfer      Bandwidth      Ditter      Lost/Total Datagrams
[ 5] 0.00-10.03 sec 0.00 Bytes    0.00 bits/sec   4.045 ms    0/159 (0%)
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 192.168.1.6, port 43905
[ 5] local 192.168.1.8 port 5201 connected to 192.168.1.6 port 32974
[10] Interval      Transfer      Bandwidth      Ditter      Lost/Total Datagrams
[ 5] 0.00-1.00 sec  128 KBytes    982 kbits/sec   40.427 ms    0/15 (0%)
[ 5] 1.00-2.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec  16.467 ms    0/16 (0%)
[ 5] 2.00-3.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec  11.150 ms    0/16 (0%)
[ 5] 3.00-4.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   5.987 ms    0/16 (0%)
[ 5] 4.00-5.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   4.413 ms    0/16 (0%)
[ 5] 5.00-6.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   6.121 ms    0/16 (0%)
[ 5] 6.00-7.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   3.890 ms    0/16 (0%)
[ 5] 7.00-8.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   4.539 ms    0/16 (0%)
[ 5] 8.00-9.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   5.267 ms    0/16 (0%)
[ 5] 9.00-10.00 sec 128 KBytes    1.05 Mbits/sec   5.858 ms    0/16 (0%)
[ 5] 10.00-10.04 sec 0.00 Bytes    0.00 bits/sec   5.858 ms    0/0 (0%)
-----
[10] Interval      Transfer      Bandwidth      Ditter      Lost/Total Datagrams
[ 5] 0.00-10.04 sec 0.00 Bytes    0.00 bits/sec   5.858 ms    0/159 (0%)
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 192.168.1.6, port 43906
[ 5] local 192.168.1.8 port 5201 connected to 192.168.1.6 port 38590
[10] Interval      Transfer      Bandwidth      Ditter      Lost/Total Datagrams
[ 5] 0.00-1.00 sec  128 KBytes    983 kbits/sec   40.613 ms    0/15 (0%)
[ 5] 1.00-2.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec  16.155 ms    0/16 (0%)
[ 5] 2.00-3.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   7.582 ms    0/16 (0%)
[ 5] 3.00-4.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   4.525 ms    0/16 (0%)
[ 5] 4.00-5.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   3.730 ms    0/16 (0%)
[ 5] 5.00-6.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   6.676 ms    0/16 (0%)
[ 5] 6.00-7.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   6.438 ms    0/16 (0%)
[ 5] 7.00-8.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   3.487 ms    0/16 (0%)
[ 5] 8.00-9.00 sec  128 KBytes    1.05 Mbits/sec   2.241 ms    0/16 (0%)
[ 5] 9.00-10.00 sec 128 KBytes    1.05 Mbits/sec   2.003 ms    0/16 (0%)

```

Figura 6-3: Paquetes recibidos en intervalos de 1 segundo

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Con los resultados obtenidos se concluye que no existe pérdida de paquetes cuando la intensidad de la señal es mayor a -93 dBm, debido a que el servidor recibe la misma cantidad de paquetes enviados por el cliente.

La Tabla 5-3 muestra el porcentaje de paquetes perdidos sea menor al 100% y el tiempo promedio de respuesta de la red para el envío de paquetes UDP (*jitter*) en las 5 peticiones cada 10 segundos con intervalos de 1 segundo.

Tabla 5-3: Tiempo de respuesta en el envío de paquetes UDP

Petición	Tiempo (segundos)	% Datos Perdidos	Variación de tiempo de los paquetes (ms)
1	10	0	4.045
2	10	0	5.858
3	10	0	6.671
4	10	0	4.125
5	10	0	4.93
Total	50	0	20.699
Promedio	-	0	5.175

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

De la tabla 5-3 se observa que la pérdida de paquetes en las 50 peticiones es de 0% de los datagramas de 159 bytes enviados y el tiempo promedio de respuesta para el envío de paquetes es de 5.175 ms. Se concluye que la calidad del enlace depende de la intensidad de la señal siempre y cuando sea mayor a -93 dBm.

3.3.2.2 Pruebas de banda ancha

Esta prueba consiste en determinar la cantidad de información que podemos enviar o recibir a través de la red celular en este caso GPRS en un tiempo determinado considerando que la velocidad de transmisión máxima de esta tecnología es de 115 Kbps. El módulo SIM900 puede transmitir la información a 115200 bps según el fabricante. El tamaño de la información obtenido por los sensores en la etapa de procesamiento del agua potable no es tan grande, razón por la cual la tasa de transferencia disminuirá considerablemente.

Para esta prueba se realizó 3 peticiones al servidor con la herramienta Iperf el cuál envía paquetes TCP de tamaño de 2 Kbyte, el servidor escucha esta petición por el puerto 5001 en intervalos de 20 segundos por petición como se muestra en la Figura 7-3 y los valores obtenidos de esta prueba se muestran en la Tabla 6-3.

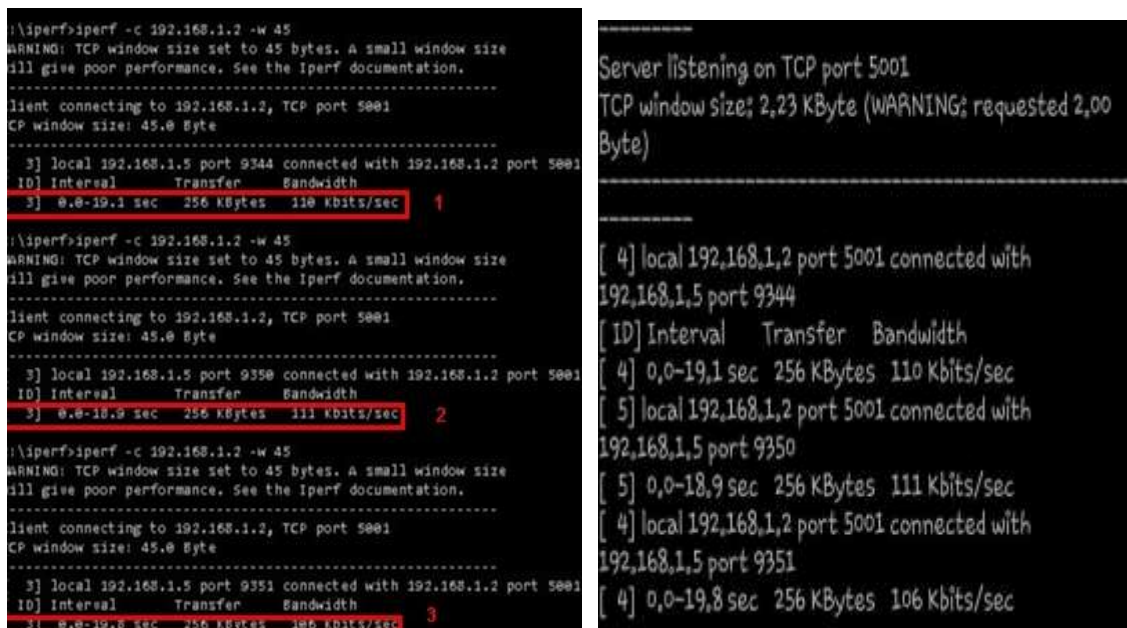


Figura 7-3: Pruebas de ancho de banda (izquierda). Petición cliente (derecha)

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Tabla 6-3: Ancho de banda cliente - servidor

Petición	Tamaño transferencia Kbytes	Tiempo envío paquete (segundos)	Ancho de banda Cliente (Kbps)	Ancho de banda Servidor (Kbps)
1	256	20	110	110
2	256	20	111	111
3	256	20	106	106
Total	768	60	327	327
Promedio	256	-	109	109

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

De la Tabla 6-3 el promedio de ancho de banda en las 3 peticiones realizadas de cliente-servidor es de 109 Kbps y envían en promedio 256 Kbytes de información al servidor en 60 segundos. Se concluye que el tamaño máximo de la información del agua transmitida por SAIR debe ser 2 Kbytes para que no exista sobrecarga en el enlace de comunicación.

3.3.3 Tiempo de publicación de la información

El objetivo de esta prueba es evidenciar si el tiempo establecido en la programación del prototipo de red SAIR para el envío de la información del agua potable, es el mismo tiempo en que tarda en publicar los valores en el servidor de la base de datos.

Para esta prueba se tomó 5 muestras y con un cronómetro se verifica el tiempo de publicación de la información, se consideró el tiempo mínimo de 62 segundos para el envío de la información de SAIR. La Tabla 7-3 muestra los valores obtenidos. La Figura 8-3 evidencia el desarrollo de esta prueba.



Figura 8-3: Evidencia del envío de información de sensores a la base de datos.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Tabla 7-3: Tiempo de retardo en publicación de la información a la base de datos

Muestra	Tiempo lectura sensores (seg)	Tiempo de envío SAIR (seg)	Tiempo de llegada Base de datos (seg)	Tiempo retardo (seg)
1	2	60	62	0
2	2	60	62	0
3	2	60	62	0
4	2	60	62	0
5	2	60	62	0

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

De los valores obtenidos en la Tabla 7-3 se concluye que la información transmitida por el prototipo de red de nodo inteligente SAIR a la base de datos se almacena de forma inmediata en la base de datos SQL ya que no existe tiempos de retardo en la comunicación.

3.3.4 Pruebas de almacenamiento en la base de datos y en la web

El objetivo de esta prueba es evaluar la integridad de los datos transmitidos por el prototipo de red de nodo inteligente SAIR a la base de datos y la página web desarrollada. Para esta prueba se envió datos cada 3 minutos desde SAIR a la base de datos y se compara los tiempos de publicación tanto en la base de datos como en la página web. La Figura 9-3(a) muestra el almacenamiento de la información en la base de datos y en la Figura 9-3(b) se muestra la información almacenada en la página web.

```

:SELECT * FROM [DB_A48124_DataFlowSensors08].[dbo].[FlowDataSensors]
:25

```

Data_Sensor_PH	Data_Sensor_ORP	Data_Sensor_DISOLVED_OXYGEN	Data_Sensor_CONDUCTIVITY	Data_Sensor_WATER_LEVEL	Date_Register
6.92	692.36	6.12	748.1	12	4/12/2019 10:29:18 AM
6.92	691.79	6.06	748.1	12	4/12/2019 10:26:45 AM
6.92	692.36	6.09	748.1	12	4/12/2019 10:24:13 AM
6.92	691.79	6.14	746.8	12	4/12/2019 10:21:04 AM
6.92	692.07	6.27	744.1	12	4/12/2019 10:19:08 AM
6.91	690.93	6.27	746.9	12	4/12/2019 10:16:35 AM

a)

FLUJO DE DATOS DE LOS SENSORES

Seleccione la UT.
 Seleccione un equipo
 Fecha desde
 Fecha hasta

PH	Nivel de agua	Oxígeno Disuelto	Conductividad	ORP	Fecha de registro	Código EQ.
6.92	12.00	6.12	748.10	692.36	4/12/2019 10:29:18 AM	EQ190501075543
6.92	12.00	6.06	748.10	691.79	4/12/2019 10:26:45 AM	EQ190501075543
6.92	12.00	6.09	748.10	692.36	4/12/2019 10:24:13 AM	EQ190501075543
6.92	12.00	6.14	746.80	691.79	4/12/2019 10:21:04 AM	EQ190501075543
6.92	12.00	6.27	744.10	692.07	4/12/2019 10:19:08 AM	EQ190501075543
6.91	12.00	6.27	746.90	690.93	4/12/2019 10:16:35 AM	EQ190501075543

b)

Figura 9-3: Almacenamiento de la información (a) base de datos SQL (b) Página web.

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

De la Figura 9-3 se verifica que la información es la misma y se almacena durante 3 minutos tanto en la base de datos SQL como en la página web, razón por la cual no existe tiempo de retardo en la publicación y visualización ni pérdidas de la información del agua. Se concluye que el prototipo

de red de nodo inteligente SAIR cumple con los requerimientos descritos en el Capítulo II para el cual fue implementado.

3.3.5 Proceso de mensajes de alerta del prototipo de red.

Esta prueba consiste en emitir mensajes de alerta a un número establecido a través de un SMS de texto, cuando este supere los límites mínimos y máximos de la Tabla 1-1 descritos en el Capítulo I. Para cumplir con el objetivo de esta prueba se tomó una muestra de agua contaminada otorgada por el Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH y se procede a enviar mensajes con caracteres especiales y sin los mismos en 3 repeticiones cada 30 segundos como se muestra en la Tabla 8-3. La Figura 10-3 evidencia el desarrollo de esta prueba.

Tabla 8-3: Resultado de envío de mensajes con y sin caracteres especiales.

CARACTERES ESPECIALES					
Muestra	N° Caracteres			Tiempo	
	Enviados	Recibidos	% Pérdida de caracteres	Predefinido seg	Llegada seg
1	51	28	45.09	30	30
2	51	28	45.09	30	30
3	50	14	72.00	30	30
Promedio			54.06	30	30
SIN CARACTERES ESPECIALES					
Muestra	N° Caracteres			Tiempo	
	Enviados	Recibidos	% Pérdida de caracteres	Predefinido seg	Llegada seg
1	58	58	0	30	30
2	50	50	0	30	30
3	43	43	0	30	30
Promedio			0	30	30

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

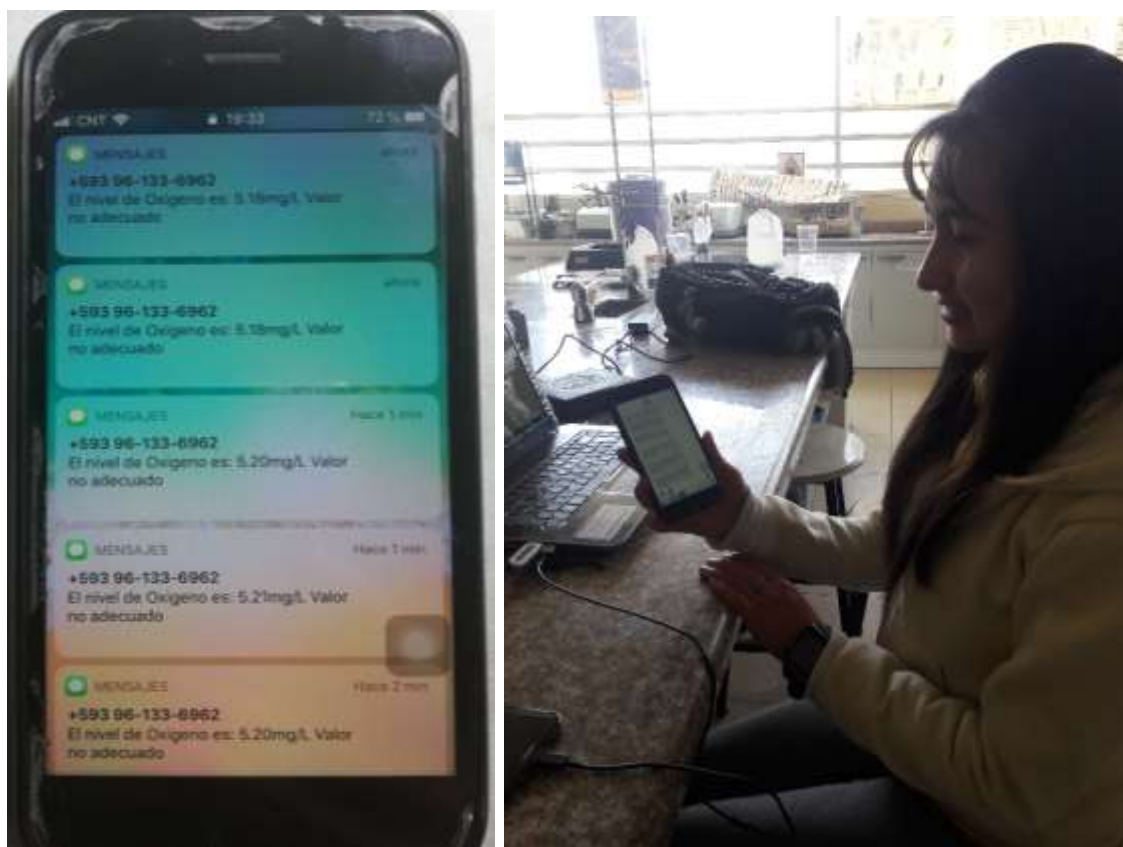


Figura 10-3: Mensajes de alerta recibidos en el celular

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

De la Tabla 8-3 se concluye que no existe pérdida de caracteres en el mensaje cuando no se integra caracteres especiales y que no existe retardos de tiempo en el envío del SMS. Por lo tanto, SAIR emite los SMS de alerta al número predefinido cuando los valores no son los adecuados, razón por la cual el encargado de dichas funciones podrá tomar las decisiones pertinentes.

3.4 Pruebas de carga de SAIR

Esta prueba consiste en determinar el consumo de corriente del prototipo de red de nodo inteligente SAIR en funcionamiento y compararlo con el valor teórico. Para lo cual se utiliza el multímetro para las mediciones de corriente de cada dispositivo electrónico. La Tabla 9-3 muestra los valores de voltaje y corriente medidos en cada dispositivo electrónico.

Tabla 9-3: Valores de voltaje y corriente de SAIR

Dispositivo	Voltaje Teórico (Voltios)	Voltaje Práctico (Voltios)	Consumo de Corriente Teórico (mA)	Consumo de Corriente Práctico (mA)
Arduino Uno	5	4.98	40	71.8
Shield GSM/GPRS SIM900	5	4.98	450	80
Sensor pH	5	4.96	10	13.1
Sensor ORP	5	4.97	4	4.1
Sensor OD	5	4.95	13.1 – 13.5	15.4
Sensor Conductividad	5	4.95	18.14 - 50	23
Sensor ultrasónico	2.5- 5.5	4.99	2	2.93
Diodo Led	1.2	2.21	20	16.23
TOTAL			557.24 - 589.5	226.56

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

De la Tabla 9-3 se concluye que el consumo de corriente de SAIR en funcionamiento es de 226.56 mA y representa el 38% de consumo del valor de corriente teórico, esta variación se debe a que el consumo de corriente en funcionamiento del módulo GSM/GPRS SIM900 es menor al descrito en su hoja de funcionamiento. Si comparamos el consumo de corriente del prototipo SAIR implementado con un refrigerador que trabaja a 110 V y su consumo de corriente es de 4520mA, esto representa el 5% de consumo de energía por parte de SAIR, razón por la cual es un equipo de bajo consumo de energía.

3.5 Análisis económico de la implementación de SAIR

Se realiza un estudio económico de la implementación del prototipo de red de nodo inteligente SAIR como se detalla en la Tabla 10-3, en la que se obtiene un costo total de \$1028.99, sin contar con valores de mano de obra.

Tabla 10-3: Presupuesto económico de SAIR

	DISPOSITIVO	Cantidad	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Hardware	Tarjeta Arduino UNO	1	\$20,00	\$20,00
	Shield SIM900 GSM/GRPS	1	\$38,00	\$38,00
	Sensor MaxSonar EZ0	1	\$35,95	\$35,95
	Kit de calidad de agua	1	\$668,90	\$668,90
Software	Visual Studio 2012	1	\$0,00	\$0,00
	Dominio Godaddy (Anual)	1	\$1,99	\$1,99
Varios	Envío de sensores	1	\$116,50	\$116,50
	Impuestos	1	\$137,00	\$137,00
	Gabinete para módulo	1	\$ 7,00	\$ 7,00
	Componentes electrónicos	1	\$ 3,65	\$3,65
	TOTAL			\$1.028,99

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

En la ciudad de Riobamba existen 13 tanques de reserva como se detalla en la realidad de la zona del Capítulo I. El costo total de implementación para la supervisión de los 13 tanques es de \$13.376,87 sin tomar en cuenta la mano de obra.

Además, se realiza un estudio económico comparativo con el análisis de calidad de agua en laboratorios privados. Para realizar estos estudios se debe acudir a los tanques de distribución de agua potable a recolectar una muestra, posteriormente son analizadas en el laboratorio, sumando los costos de transporte. La entrega de resultados puede variar desde un día en adelante. Con el prototipo de red propuesto se ahorra este proceso. La tabla 11-3 muestra el costo total para el análisis de la calidad de agua potable en un laboratorio privado.

Tabla 11-3: Costo de Análisis de calidad de agua potable en el laboratorio

	Cantidad	Costo Unitario	Subtotal
Análisis de Calidad de agua en Laboratorio	13	\$200,00	\$ 2600,00
Varios	13	\$260.00	\$ 260.00
TOTAL			\$ 2860,00

Realizado por: Moyón, Cristian; Ordóñez, Dayana; 2019

Las normas INEN 1108 establecen que el agua potable debe ser constantemente supervisada para asegurar que no se produzcan desviaciones en los parámetros que influyen en la calidad del agua. Para lo cual si se realiza el análisis de agua en el peor de los casos una vez al mes se obtiene una inversión de \$34.320 anuales en todos los tanques de reserva de la ciudad de Riobamba.

Con los resultados obtenidos se concluye que el costo de implementación del prototipo de red de nodo inteligente SAIR en los 13 tanques de reserva ofrece un ahorro anual del 61,02% y además la información de los parámetros de calidad de agua potable se encuentran almacenadas en una base de datos histórica para evidenciar su evolución en relación al tiempo, información relevante para la toma de decisiones y la creación de modelos matemáticos que contribuyan a mejorar su calidad y cumpliendo con la Norma INEN 1108.

CONCLUSIONES

Se construyó un prototipo de red de nodo inteligente para supervisar el OD, PH, conductividad y ORP que son parámetros que ayudan a determinar la calidad del agua potable y además mide los niveles del agua en los tanques reservorios. Trabaja con una topología estrella, utiliza la red celular y la tecnología 2.5G GPRS que permite velocidades de hasta 115kbps en la transferencia de datos. Trabaja bajo las normas INEN1108 y las establecidas por el Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Al validar el prototipo con equipos comerciales se determinó que presenta un error de medición de ± 0.1 en pH y de $\pm 1\mu\text{S}/\text{cm}$ en conductividad propios de los sensores. En las pruebas de estabilidad aplicando el coeficiente de variación se obtuvo valores menores al 7% establecido DANE. lo que demuestra que el prototipo implementado es estable y mantiene características similares a equipos comerciales.

Las pruebas de comunicación aplicadas determinaron que para una buena calidad de enlace por la red celular GPRS, el tamaño de los paquetes debe ser menor a 2Kbytes y la intensidad de la señal mayor a -93 dBm. Al evaluar la zona que se ubican los tanques de reserva del agua potable se obtuvo una intensidad de la señal entre -81dBm a -88 dBm, Valores que garantizan una comunicación estable entre SAIR y el servidor web.

Se desarrolló una página web, que permite visualizar la información transmitida por el prototipo de red de nodo inteligente SAIR de manera gráfica y tabulada. El tiempo mínimo de publicación de la información del agua potable enviada por SAIR es de 62 segundos y no existe tiempos de retardo en el almacenamiento en la base de datos, así como en la visualización de la información en la página web.

Se concluye que el prototipo de red de nodo inteligente implementado es un equipo de bajo consumo y es una herramienta de ayuda para supervisar la calidad del líquido vital, permite generar base de datos históricas para evidenciar su evolución en relación al tiempo, información relevante para la toma de decisiones y la creación de modelos matemáticos que contribuyan a mejorar su calidad cumpliendo con las Normas INEN 1108 y con las establecidas por el Ministerio del Ambiente del Ecuador.

RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar el prototipo en el lugar establecido para ampliar el periodo de pruebas y efectuar posibles mejoras del prototipo de red.

Estudiar la posibilidad de adaptar sensores que midan los parámetros químicos como nitritos, nitratos, sodio y calcio, para tener mayor información en la calidad del agua potable.

Realizar un estudio de encriptación de los datos para asegurar la integridad de la información transmitida y además adquirir un hosting pagado para gestionar de forma eficiente la misma.

Incorporar inteligencia artificial que controle la etapa de distribución del agua potable de manera remota desde el servidor, como, abrir y cerrar válvulas en caso de contaminación y generación de alertas para asegurar la calidad de líquido vital a la ciudadanía.

BIBLIOGRAFÍA

ALIEXPRESS. *Rex DO-957 dissolved oxygen electrode dissolved oxygen electrode dissolved oxygen meter laboratory electrode dissolved oxygen pr.* [En línea] China. 2018.

[Citado el: 20 noviembre 2018.] Disponible en: <https://es.aliexpress.com/item/Rex-DO-957-dissolved-oxygen-electrode-dissolved-oxygen-electrode-dissolved-oxygen-meter-laboratory-electrode-dissolved-oxygen/32774506251.html?spm=a219c.10010108.1000016.1.aebe386bZFdgQD&isOrigTitle=true>

ALTAMIRANO BENALCÁZAR, Héctor Rodrigo y PUENTE MORENO, Amanda Madelaine. *Diseño e implementación de una red inalámbrica de sensores inteligentes para el registro de la contaminación acústica en la epoch basado en tarjetas de desarrollo.* (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes, Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 15-73

[Citado el: 22 febrero 2019.] Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6378>

ARDUINO. *Arduino UNO.* [En línea] 2019. [Citado el: 22 febrero 2019]. Disponible en: <https://store.arduino.cc>.

Aristegui Maquinaria. *Cómo funciona una red de abastecimiento de agua potable.* [En línea] Barcelona. España. Blixt. 18 abril 2016

[Citado el: 8 marzo 2019.]

Disponible en: <https://www.aristegui.info/como-funciona-una-red-de-abastecimiento-de-agua-potable/>

ARQHYS. *Red de abastecimiento de agua potable.* [Citado el: 20 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.arqhys.com/contenidos/red-agua.html>

ARCSA. *Arcsa fortalece sus capacidades para vigila la calidad del agua de consumo humano en Ecuador.* [En línea] Guayaquil, Ecuador. 2018

[Citado el: 10 marzo 2019.] Disponible en: <https://www.controlsanitario.gob.ec/arcsa-fortalece-sus-capacidades-para-vigilar-la-calidad-del-agua-de-consumo-humano-en-ecuador/>

ASOCIACIÓN GSM World. *Estadísticas de junio 2008*. [En línea]. Archivado en agosto de 2008.

[Citado el: 14 marzo 2019.] Disponible en:
<http://web.archive.org/web/20080822040039/http://www.gsmworld.com/news/statistics/index.shtml>

ATLAS SCIENTIFIC. *Robótica Ambiental*. [En línea]. Estados Unidos. 2018

[Citado el: 20 noviembre 2018.] Disponible en: <https://www.atlas-scientific.com/>

BBC Mundo. *Cuáles son las diferencias entre E, GPRS, 3G, 4G, 5G y esas otras redes a las que se conecta tu celular (y cómo te afectan tu conexión a internet)*. [En línea] Londres, Reino Unido. 2016.

[Citado el: 20 abril 2019.] Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37247130>

Comunidad Andina de Naciones (CAN). *Manual de Estadísticas Ambientales Andinas*. [En línea] Lima, Perú. 2008. Pp. 34-38.

[Citado el: 10 marzo 2019.] Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/manual-estadisticas-ambientales-andinas>

CÁRDENAS JARAMILLO, Daniel Leonidas y PATIÑO GUARACA Franklin Eduardo. *Estudios y diseños definitivos del sistema de agua potable de la comunidad de Tutucan, cantón Paute, provincia del Azuay* (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Cuenca, Ecuador. 2010. Pp. 22-56

[Citado el: 8 marzo 2019.] Disponible en:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf>

COUCH, León W. *Red de Comunicaciones*. Séptima edición. México: Pearson/Prentice Hall, 2008. Pp. 521.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Estimación e interpretación del Coeficiente de Variación de la encuesta cocensal. Censo General 2005 – CGRAL. Junio 2008. [Citado: 02 junio 2019]. Disponible en:
http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/est_interp_coefvariacion.pdf

DE LA CÁMARA, Rubén Adrián. *Arduino + módulo GSM/GPRS: monitorización, automatización y gestión remota en un viñedo.* [En línea]. Universidad Oberta de Catalunya. España. 2017. Pp. 43-48 [Citado el: 22 febrero 2019]. Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/65345/7/radriandTFG0617annexos.pdf>

DFROBOT. *Sensors.* [En línea]. China. 2018.
[Citado el: 20 noviembre 2018.] Disponible en: <https://www.dfrobot.com/category-36.html>

DOMÉNECH, Javier. *Control de la calidad del agua.* [En línea] Valladolid, España. 2002.
[Citado el: 10 marzo 2019.] Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-control-calidad-del-agua-13039720>

ECHENIQUE, Yesirée.; & RIVERO, Rafael. “*Diseño y desarrollo de un módulo de recolección, almacenamiento y transmisión de datos a través de la red celular para contadores electrónicos monofásicos de energía eléctrica*”. Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, n° 4 (2012), (Venezuela) pp. 65-74.
[Citado el: 28 mayo 2019.] Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-40652012000400008&script=sci_abstract

ECURED. *Calidad del Agua.* [En línea]. Cuba: Ecured, 2015.
[Citado el: 9 marzo 2019.] Disponible en: https://www.ecured.cu/Calidad_del_Agua

ECURED. *Redes de datos móviles.* [En línea]. Cuba: Ecured, No date.
[Citado el: 15 marzo 2019.] Disponible en: https://www.ecured.cu/Redes_de_Datos_M%C3%B3viles

Empresa Pública – Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba (EP-EMAPAR). Antecedentes del Agua Potable. *PRESENTACION PLAN MAESTRO.*

FERNÁNDEZ María. *Problemas de calidad del agua potable producidos por los subproductos del proceso de tratamiento.* 2014
[Citado el: 10 marzo 2018.] Disponible en: <https://www.eoi.es/blogs/mariajesusfernandezmiguelez/2014/02/17/problemas-de-calidad-del-agua-potable-producidos-por-los-subproductos-del-proceso-de-tratamiento/>

GALLARDO MOLINA, Cristian Fabián. *Implementa un sistema para el control y monitoreo de niveles de agua, temperatura y oxigenación de un proyecto piscícola en la crianza y reproducción de truchas en la finca San Nicolás*. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería en Electromecánica. Latacunga, Ecuador. 2013

[Citado el: 10 marzo 2018.] Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6151>

GUAGALANGO GUAGALANGO, Jairo Santiago. *Diseño e implementación del sistema de control y monitoreo del nivel y flujo de agua potable en la estación de reserva y la planta de tratamiento de Azaya de la EMAPA-Ibarra*. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Universidad de las Fuerzas Armadas. Carrera de Ingeniería Electrónica, Automatización y Control. Sangolquí, Ecuador. 2015.

[Citado el: 10 marzo 2018.] Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10831>

GUTIÉRREZ RUIZ, José Manuel. *Manual de Programación Arduino. Transl.: BW Evans et al., Arduino Notebook: A Beginner's Reference*. 2007

ILLESCAS ILLESCAS, Guido Hernán. *Estudio de la calidad del agua destinada para consumo humano del sector Nero-Narancay, mediante análisis bromatológico y bacteriológico*. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Universidad Católica de Cuenca. Unidad Académica de Ingeniería Química, Biofarmacia, Industrias y Producción. Facultad de Biofarmacia. Cuenca, Ecuador. 2014. Pp. 18.

[Citado el: 9 marzo 2019.] Disponible en:

<http://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/reducacue/6554/1/Estudio%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20destinada%20para%20consumo%20humano%20del%20sector%20Nero-Narancay,%20mediante%20an%C3%A1lisis%20bromatol%C3%B3gico%20y%20bacteriol%C3%B3gico.pdf>

INEN 1108. *Agua potable. Requisitos*.

LIBELIUM WASPMOTE. *Libelium*. [En línea] 2018. [Citado el: 20 noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.libelium.com/products/waspmote/>

Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). *Norma de Calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua*. [En línea] Ecuador 2014.

[Citado el: 9 marzo 2019.] Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

MICROSOFT. *What is ASP.NET.* [En línea]. 2019.

[Citado el: 12 marzo 2019.] Disponible en: <https://dotnet.microsoft.com/learn/web/what-is-aspnet>

MIRANDA RUIZ, Helen. *Diseño y construcción de un prototipo para control y monitoreo de reservorios de agua empleando comunicación móvil gsm/gprs en sistemas de riego.* (Trabajo de titulación) (Posgrado). [En línea] Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ecuador. 2015.

[Citado el: 10 marzo 2018.] Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8447>

MUÑOZ MARTÍNEZ Gloria. *Implementa un sistema para el control y monitoreo de niveles de agua, temperatura y oxigenación de un proyecto piscícola en la crianza y reproducción de truchas en la finca San Nicolás*”. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Universidad de Sevilla. Departamento de Ingeniería Telemática. Sevilla, España. 2016

[Citado el: 28 mayo 2019.] Disponible en:

http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91071/fichero/TFG_GLORIA_MARTINEZ_MU%C3%91OZ.pdf

Organización Mundial de la Salud (OMS). *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua.* [En línea] Ginebra, Suiza. 2009. Pp.28

[Citado el: 8 marzo 2019.] Disponible en:

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75142/9789243562636_spa.pdf;jsessionid=A20BE5207F232DE823CA1B1E0E41724C?sequence=1

Organización de las Naciones Unidas (ONU). *Glosario de términos ambientales.* [En línea] Nueva York, Estados Unidos. 1997. Pp. 28-57.

[Citado el: 10 marzo 2019.] Disponible en:

https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_67E.pdf

PANACHLOR. *Potencial de oxidación-reducción ORP (redox).* [En línea] Manizales, Colombia. 2016.

[Citado el: 10 marzo 2019.] Disponible en: <http://panachlor.com/?p=803>

PANACHLOR. *Sólidos disueltos totales & electroconductividad.* [En línea] Manizales, Colombia. 2016.

[Citado el: 10 marzo 2019.] Disponible en: [http://panachlor.com/wp-content/uploads/pdf/Solidos-Disueltos-Totales-\(TDS\)-Electroconductividad-\(EC\).pdf](http://panachlor.com/wp-content/uploads/pdf/Solidos-Disueltos-Totales-(TDS)-Electroconductividad-(EC).pdf)

QUITO INFORMA. *El agua de Quito es la única del país con sello de calidad INEN.* [En línea] Quito, Ecuador. 2018.

[Citado el: 10 marzo 2019.] Disponible en: <http://www.quitoinforma.gob.ec/2018/05/09/agua-de-quito-es-la-unica-del-pais-con-sello-de-calidad-inen/>

Real Academia de Ingeniería (RAI). *Diccionario Español de la Real Academia de Ingeniería. Informática y Electrónica.* [En línea] España. 2012.

[Citado el: 12 marzo 2019.] Disponible en <http://diccionario.raing.es/>

RASPBERRY. *Raspberry pi.* [En línea] 2018. [Citado el: 20 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/>

RIVERBED. *Riverbed Modeler Academic.* [En línea]. 2019

[Citado el: 12 marzo 2019.] Disponible en: <https://www.riverbed.com/mx/products/steelcentral/steelcentral-riverbed-modeler.html>

SAIGUA CARVAJAL, Silvia Fernanda y VILLAFUERTE HARO, María Verónica. *Evaluación de las topologías físicas de WSN mediante la implementación de un prototipo de medición de variables ambientales para el G.E.A.A. – ESPOCH.* (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Informática y Electrónica. Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes. Riobamba, Ecuador. 2013. pp. 15-73

[Citado el: 10 marzo 2019.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3241>

SANCHEZ RAMOS David. *Calidad del agua y su control.* [En línea] Universidad de Castilla – La Mancha. Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Ciudad Real. Ciudad Real, España. 2016. Pp. 15

[Citado el: 9 marzo 2019.] Disponible en: http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf

SENAGUA. Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento. *Revista SENAGUA*. (2016), (Ecuador). Pp. 8

SHARNA Kanika y DHIR Neha, *A study of wireless networks: WLANs, WPANs, WMANs, and WWANs with comparison*, International Journal of Computer Science and Information Technologies, vol. 5 (6), pp. 7810-7813, 2014.

SILBERSCHATZ Abraham, KORTH Henry y SUDARSHAN S. *Fundamentos de base de datos* [En línea]. Quinta edición. España. 2006. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. [Citado el: 02 junio 2019]. Disponible en:
http://mateo.pbworks.com/w/file/attach/122276985/Fundamentos_de_Bases_de_Datos_5a_Ed._Si.pdf

SIMCOM. SIM900 AT Commands Manual V1.11. [En línea] 2015. [Citado el: 02 junio 2019.] Disponible en:
https://simcom.ee/documents/SIM900/SIM900_AT%20Command%20Manual_V1.11.pdf

SIMCOM. SIM900 IP Application Note V1.06. [En línea] 2014. [Citado el: 02 junio 2019.] Disponible en:
https://simcom.ee/documents/SIM900/SIM900_IP_Application%20Note_V1.06.pdf

SOLÍS CASTRO, Yuliana: et al. *La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica*. [En línea] Volumen 31-1. Costa Rica. 2018. Pp. 3. [Citado el: 10 marzo 2019.] Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>

SUNASS. *Supervisión de los aspectos de control de la calidad del agua*. [En línea] Lima, Perú. 2013. [Citado el: 10 marzo 2019.] Disponible en:
https://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/sunass/supervision-y-fiscalizacion/capacitaciones/cursos-y-talleres/doc_download/2607-supervision-de-los-aspectos-de-control-de-la-calidad-del-agua

TANENBAUM Andrew y WETHERALL David. *Redes de Computadoras*. Quinta edición. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2012 [En línea].

[Citado el: 02 junio 2019.] Disponible en:

https://bibliotecavirtualapure.files.wordpress.com/2015/06/redes_de_computadoras-freelibros-org.pdf

YUMI CORO, Sandra Elizabeth. *Diseño e implementación de un prototipo inalámbrico IPv6 que permita comprobar la calidad de agua en Smart cities.* (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Informática y Electrónica. Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes. Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 15-73

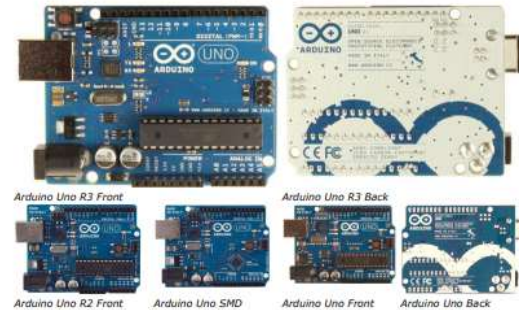
[Citado el: 20 febrero 2019.] Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6390>

Anexo A: Datasheet de los elementos utilizados para la construcción del prototipo de red.

Datasheet del Arduino UNO

Arduino Uno



Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328P ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

Revision 2 of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

Revision 3 of the board has the following new features.

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V

- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the `AREF` pin and the `analogReference()` function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF**. Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()`.
- **Reset**. Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 parts](#). The mapping for the ATmega8, 168, and 328 is identical.

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328P provides UART (T)X (V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The 16U2 firmware uses the standard USB CDC drivers, and no external driver is needed. However, [see Windows](#), [Linux](#), and [Mac OS](#) for more details. **A USB-to-serial cable is required.** The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and received from the board. The RX and TX pins on the board which attach when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins. The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a [Wire library](#) to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol (reference: C header files).

The ATmega64G2 (or BU2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available : The ATmega64G2/BU2 is loaded with a DFU bootloader, which can be loaded by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the BU2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the BU2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into OFU mode.

You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See this [user-contributed tutorial](#) for more information.

Automatic (Software) Reset

Input Voltage (limits)	0-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 5.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Schematic & Reference Design

EAGLE files: www.yes-hpc.com/reference-design.zip (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)

Schematic: <http://www.flin1.net/schematic.pdf>

Note: The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328. Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

Power

The Arkonix line can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.5mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector. The board can operate on an external supply of 6 to 30 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts. The power pins are as follows:

- **VIN**: The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to being powered by the USB). It can be supplied from a regulated power source (like a battery or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V**: This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin on the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3**: A 3.3V regulated voltage pin on the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND**: Ground pins.

Memory

The ATmega128 has 128 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 16 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using `pinMode()`, `digitalWrite()`, and `digitalRead()` functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20–50 kΩ. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega16U2 (USB-to-TTL Serial chip).
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [pulseWidthModulate\(\)](#) function.

After then requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega328P/16U2 is connected to the reset line of the computer. This connection allows the computer to send a digital signal to the Arduino, dropping enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can be updated without the need for a physical reset button. The ATmega328P/16U2 also has a hardware setup that allows it to be configured to be reset by software running on a computer. This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-hour, we will be using the Arduino IDE to upload code to the Uno. The IDE will send data to the board (i.e., anything besides an upload of new code), it will interrupt the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or data, it will first start up the serial port with which it communicates while a second, after opening the connection and before sending data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Four screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

Datasheet del shield SIM900 GSM/GPRS



www.tinysine.com

INTRODUCTION

The GPRS/GSM Shield provides you a way to use the GSM cell phone network to receive data from a remote location. The shield allows you to achieve this via any of the three methods:

- Short Message Service
- Audio
- GPRS Service

The GPRS Shield is compatible with all boards which have the same form factor (and pinout) as a standard Arduino Board. The GPRS Shield is configured and controlled via its UART using simple AT commands. Based on the SIM900 module from SIMCOM, the GPRS Shield is like a cell phone. Besides the communications features, the GPRS Shield has 12 GPIOs, 2 PWMs and an ADC.

SPECIFICATIONS

- Quad-Band 850 / 900/ 1800 / 1900 Mhz - would work on GSM networks in all countries across the world.
- GPRS multi-slot class 10/8
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
- Class 4 (2W@850/900Mhz)
- Class 1 (1W@1800/1900Mhz)
- Control via commands (GSM 07.07, 07.05 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- Short message service
- Free serial port selection
- RTC supported with Super Cap
- Power on/off and reset function supported by Arduino interface



www.tinysine.com

Status	Description
Off	SIM900 is not running
64ms On/800ms Off	SIM900 not registered the network
64ms On/3000ms Off	SIM900 registered to the network
64ms On/300ms Off	GPRS communication is established

The buttons

There are 3 buttons on the GSM shield board.

SIM900 Power Button:

Stack the GSM shield on your arduino main board. The GSM shield will running automatically when you power up your arduino main board. If you want turn on/off the SIM900 module manually. Just press the the sim900 power button one second.

SIM900 Reset Button

Reset the SIM900 module.

Arduino Reset Button:

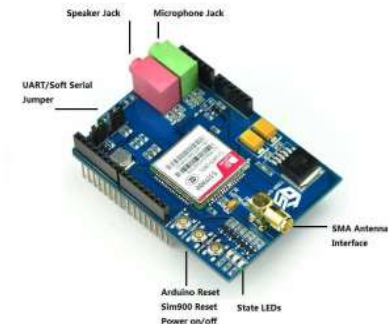
Reset the Arduino main board. Same function as the Reset Button which on the arduino main board.

Note: Our test sketch will control D8 pin to turn on the SIM900 when the arduino board is powered up.



www.tinysine.com

Overview



The indicator LEDs

The GSM Shield has three indicator LEDs for the GSM Shield power, SIM900 power and net status.

GSM Shield power(P):

This LED is used to indicate the power status of the GSM Shield.If the external power supply is connected to the arduino board ,then the GSM Shield will get power,this LED will light on.

SIM900 power(S):

This LED is used to indicate the power status of the SIM900.After the SIM900 is power on,the status LED will light on.

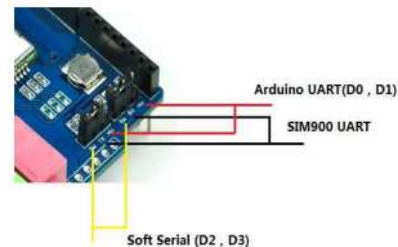
Net Status(N):

This LED is used to indicate the net status.The LED will blink slowly or quickly according to different states.



www.tinysine.com

Setting Jumper



If you want use UART send AT commands. Set the jumper to HW position. If you use soft serial. Set to SW position.

Our test sketch use soft serial. So we keep it on SW position normally.

If you are using MEGA2560. Just need to connect the middle pins of RX and TX jumpers to RX1 TX1 on Arduino Mega 2560. And change the code setting.

HRLV-MaxSonar®-EZ™ Series

High Resolution, Low Voltage Ultra Sonic Range Finder

MB1003, MB1013, MB1023, MB1033, MB1043

The HRLV-MaxSonar-EZ sensor line is the most cost-effective solution for applications where precision range-finding, low-voltage operation, quick setup, and low-cost are needed. This sensor-component module allows users of other more costly precision components to lower the cost of their systems while increasing performance. Additionally, this sensor line allows conservative designers to choose this precision sensor as a performance upgrade over other lower performance sensors.

The HRLV-MaxSonar-EZ sensor line provides high accuracy and high resolution ultrasonic proximity detection and ranging in air, as a package less than one cubic inch. This sensor line features 1 mm resolution, super-quiet and operating-voltage compensation for improved accuracy, superior rejection of outside noise sources, internal speed-of-sound temperature compensation and optional external speed-of-sound temperature compensation. This ultrasonic sensor detects objects from 1-mm to 30-cm, ultrasonic range is affected from 30-cm to 5-meters, can wake objects closer than 30-cm typically reported to 38-cm. The interface output formats are pulse width, analog voltage, and serial digital in either RS232 or TTL. Factory calibration is standard.



✓ **EZ™ Series**

Precision Ultrasonic Range Sensing

- Range-finding is a fraction of the cost of other precision rangefinders
- Reading-to-reading stability of 1-cm at 1-meter is typical
- Accuracy is factory-matched at 1-meter to 1% providing a typical large target accuracy of 1% or better for most velocities and sizes
- Calibrated acoustic detection zones allows users to choose the part number with the detection zone that matches their specific application
- Compensation provided for target size variation and operating voltage range
- Internal temperature compensation is standard
- Optional external temperature compensation

Easy to Use Component Module

- Stable and reliable range readings and excellent noise rejection make the sensor easy to use
- Easy to use interface with distance provided to a variety of outputs
- Target size compensation provides greater consistency and accuracy when switching targets
- Sensor automatically handles acoustic noise
- Sensor ignores other acoustic noise sources
- Small and easy to mount
- Calibrated sensor eliminates most issues to sensor variations
- Very low power ratings, excellent for multiple sensor in battery based systems

- Object proximity detection from 1-mm to 5-meters
- Bandwidth of 1 mm
- Distance sensor from 30-cm to 5-meters
- Excellent Mount Time-Turnaround Feature (MTTF)
- Triggered operation yields a real-time
- 1000x measurement cycle
- True time operation uses a 2Hz filter, with 100Hz measurement and output cycle
- Operating temperature range from -10°C to +60°C, provided proper test procedure is employed
- Operating voltage from 2.5V to 5.1V
- Nominal current draw is 2.5mA at 3.3V, and 3.1mA at 5V

Applications & Uses

- Bin level measurement
- Proximity zone detection
- People detection
- Robots ranging sensor
- Autonomous navigation (Dynamics)
- Low energy object detection

Notes:

- Users are encouraged to evaluate the sensor performance in their application.
- By design.

Very Low Power Requirements

- Wide, low supply voltage requirements suits battery powered systems
- Low current draw reduces current drain for battery operation
- Fast test reading after power-up suits battery requirements

Range Outputs

- Pulse width, (1x5mm)
- Analog Voltage, (5mm resolution)
- Serial, RS232 or TTL, where TTL format by solderable jumpers is available on no-cost factory installed package

General Characteristics

- Low cost ultrasonic range finder
- Sensor dead zone virtually gone
- Size less than 1 cubic inch with easy mounting

MaxBotix® Inc.

3000 N. 17th Avenue, Suite 100, Denver, CO 80202

Tel: 303.440.0749 Fax: 303.440.0750

E-mail: info@maxbotix.com Web: www.maxbotix.com

HRLV-MaxSonar®-EZ™ Series

Applications & Uses Cont.

- Automated factory systems
- This product is not recommended as a device for personal safety

- Designed for protected indoor environments
- Most detectors are waterproof
- Limited short, level measurements

- Flex structures
- Measurements with acoustic and electrical noise
- Bright moisture

HRLV-MaxSonar®-EZ™ Pin Out

Pin 5 - Temperature Sensor Connection: Leave this pin unconnected if an external temperature sensor is not used. For best accuracy, this pin is optimally connected to the ITC-4000 (www.maxbotix.com) temperature sensor. Look up the ITC-4000 Temp (MHT500, MHT350, MHT575, MHT550) temperature sensor for additional information.

Pin 2 - Pulse Width Output: This pin outputs a pulse width representation of the distance with a scale factor of 140µs per cent. Output range is 300µs to 3000µs to 3000µs. Pulse width output is up to 6.3% low accuracy than the serial output.

Pin 3 - Analog Voltage Output: On power-up, the voltage on this pin is to 0V. After sleep, the voltage on this pin has the voltage corresponding to the latest measured distance. This pin outputs an analog voltage scaled representation of the distance with a scale factor of (Vcc/1023) per 1 cm. The distance is output with a 5-mm resolution. (This output voltage is referenced to GND). Pin 3. The analog voltage output is typically within ±10 mm of the serial output.

Using a 1-bit analog to digital converter, one can read the analog voltage (i.e. 0 to 1023) directly and just multiply the output of Pin 3 by the value 3.14 to yield the range in cm. For example, 40 bits corresponds to 100 mm (below 90° ± 2° - 100), and 1000 bits corresponds to 3000 mm (below 1000° ± 5° - 3000mm).

For users of this product that desire to make a voltage, a 5V power supply yields 0.97V per 1 cm. Output voltage range when powered with 5V is 260mV to 3000mV, and 4.4V for 3000 cm.

Pin 4 - Ranging Start/Stop: This pin is internally pulled up. If this pin is left unconnected or held high, the sensor will continuously "range" the distance. If held low, the HRLV-MaxSonar-EZ will stop ranging. Bring this low for 250µs or longer to command a range reading.

Real-time Range Data: When pin 4 is low and then brought high, the sensor will operate in real time and the RX ready output will be the range measured since this last commanded range reading. When the sensor tracks that the RX pin is low after each range reading, and then the RX pin is brought high, unfiltered real time range information can be obtained as quickly as every 100µs.

Filtered Range Data: When pin 4 is left high, the sensor will continue to range every 100ms, but the output will pass through a 250 Hz filter, where this sensor will output the range based on recent range information.

Pin 5-Serial Output: By default, the serial output is RS485 (harness 0) to Vcc with a 5-mm resolution. IFTL serial output is desired, while the TTL jumper pads on the back side of the PCB as shown in the photo to the right. For volume output, the TTL output is available to connect factory installed jacks. The serial output is the most accurate of the range outputs. Serial data sent is 9600 baud, with 8 data bits, no parity, and one stop bit.

V/A Pin 6 - Positive Power, Vcc: The sensor operates on voltage from 2.5V - 3.5V DC. For best operation, the sensor requires that the Vcc power be free from electrical noise. (For applications with known dirty electrical power, a 100µF capacitor placed at the sensor pins between Vcc and GND will typically cancel the electrical noise.)

GND Pin 7 - Sensor ground pins: DC return, and circuit common ground.

About Ultrasonic Sensors

The ultrasonic sensors are a non-contact object detection and ranging sensors that detect objects without an eye. These sensors are used to detect and locate objects in a variety of environments. Ultrasonic sensors measure the time of flight (time) for sound that has been transmitted to and reflected back from nearby objects. Based upon the time of flight, the sensor then outputs a range reading.

MaxBotix® Inc.
 3000 Central Expressway
 Fremont, CA 94538

Copyright © 2006, maxbotix.com and maxbotix.com and maxbotix.com

Page 10 of 10

HRLV-MaxSonar®-EZ™ Series

Auto Calibration

Each time the HRLV-MaxSonar-EZ takes a range reading, it calibrates itself. The sensor then uses this data to range objects. If the temperature, humidity, or applied voltage changes during sensor operation, the sensor will continue to function accurately *even* the actual temperature range while applying compensation for changes caused by temperature and voltage.

Sensor Operation: Free-Run

When operating in free run mode, the HRLV-MaxSonar-EZ sensors are designed to be used in a variety of indoor environments. Most range readings are accurately reported. If the range readings are affected, the effect is typically less than 3 mm. This allows users to employ real time absolute distance readings without the need for additional supporting accuracy or complicated user software.

Many acoustic noise sources will have little to no effect on the reported range of the HRLV-MaxSonar-EZ sensors. However, users are encouraged to test sensor operation in the operating environment.

Sensor Minimum Distance - No Sensor Dead Zone

The sensor minimum reported distance is 30 cm (11.8 inches). However, the HRLV-MaxSonar-EZ will range and report targets at within 1 mm of the first sensor face. Large targets closer than 30 cm will typically range at 300 mm.

Sensor Operation from 30-cm to 80-cm

Because of acoustic phase effects in the near field, objects between 30-cm and 80-cm may experience acoustic phase cancellation of the returning waveform resulting in inaccuracies of up to 1-mm. These effects become less prevalent as the target distance increases, and has not been observed past 90-cm. For this reason, industrial users that require the highest sensor accuracy are encouraged to mount the HRLV-MaxSonar-EZ from objects that are farther than 90-cm.

Range "B" Location

The HRLV-MaxSonar-EZ reports the range to distant targets starting from the back of the sensor PCB as shown in the diagram below.

In general, the HRLV-MaxSonar-EZ reports the range to the leading edge of the closest detectable object. Target detection has been characterized in the sensor beam pattern.

Range Zero
0.0 mm

The range is measured from the back of the PCB to the target.

Target Face

Target Size Compensation

Most low cost ultrasonic rangefinders will report the range to smaller size targets as farther than the actual distance. In addition, they may also report the range to larger size targets as closer than the actual distance.

The HRLV-MaxSonar-EZ sensor line correctly compensates for target size differences. This means that, provided an object is large enough to be detected, the sensor will report the same distance, typically within 2%, regardless of target size. Smaller targets can have additional detection noise that may limit this feature. In addition, targets with small or rounded surfaces may have an apparent distance that is slightly farther, where the distance reported may be a composite of the sensor's algorithm. Compensation for target size is applied to all range outputs: pulse width, analog voltage, and serial RS232 or TTL.

MaxBotix® Inc.
Copyright © 2014 MaxBotix Incorporated

MaxBotix Inc. products are registered and trademarked by the IChA

View www.maxbotix.com

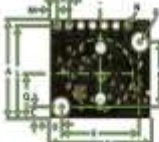
Supply Voltage Drop and Charge Compensation

During power up, the HRLV-MaxSonar-EZ sensor line will calibrate itself for changes in supply voltage. Additionally the sensor will compensate if the supplied voltage gradually changes.

If the voltage applied to the sensor changes faster than 0.1V per second, it is best to remove and supply power to the sensor.


The sensor requires more than power for best operation. If the sensor is used with noise on the supplied power, the readings may be affected. Typically adding a 100nF capacitor at the sensor between the V+ and GND pins will allow more power tolerant electrical noise tolerance.

HRLV-MaxSonar-EZ™ Mechanical Dimensions



Values Are Nominal

A	0.750	19.0 mm	H	0.150	3.81 mm
B	0.870	22.1 mm	J	0.670	17.0 mm
C	0.500	12.7 mm	K	0.045	1.14 mm
D	0.500	12.7 mm	L	0.735	18.7 mm
E	0.470	11.9 mm	M	0.060	1.5 mm
F	0.510	12.9 mm	N	0.200	5.08 mm
G	0.124	3.1 mm	P	0.435	11.0 mm
	Weight, 4.2 grams	Q	0.585	14.8 mm	



HRLV-MaxSonar-EZ™ Temperature Compensation

On Board - Internal Temperature Compensation

The speed of sound in air increases about 0.6 meters per second, per degree stratigade. Because of this, each HRLV-MaxSonar-EZ is equipped with an internal temperature sensor which alerts the sensor to apply a compensation for any of sound changes.

The self heating (15mW at 5V, or 8mW at 3.2V) will change the temperature of the sensor by about 1 degree C. The amount of self heating is dependent upon use mounting.

Most importantly, the actual air temperature of the path between the sensor and the target may not match the temperature measured at the sensor electronics. Sensors mounted in vertical applications, or applications where the environmental temperature gradient is severe, may experience a large temperature measurement error which will affect the sensor accuracy. For example, buildings with a height of 2 meters can have floor to ceiling temperature variations of 1°C or more. Because of these temperature effects, users desiring the highest accuracy output are encouraged to use a properly mounted external temperature sensor or to manually account for this measurement error.

HR-MaxTemp® External Temperature Sensor

Although the HRLV-MaxSonar-EZ has an internal temperature sensor, for best accuracy, users are encouraged to use an optional external temperature sensor. On power up the HRLV-MaxSonar-EZ will automatically detect an attached HR-MaxTemp temperature sensor and begin to apply temperature compensation using the external temperature sensor.

The external temperature sensor allows for the most accurate temperature compensation, by eliminating sensor self heating from the sensor electronics, and by allowing the user to place the temperature sensor closer to the center of the acoustic ranging path.

For best results users are encouraged to connect the temperature sensor midway between the HRLV-MaxSonar-EZ and the expected target distance.

MaxBotics® Inc. *MaxBotics Inc. products are registered and trademarked in the USA* **©2008 MaxBotics Inc.**

Especificaciones del Sensor de OD

AtlasScientific
Environmental Robotics
V 4.9

EZO-DO™

Embedded Dissolved Oxygen Circuit

Reads	Dissolved Oxygen
Range	0.01 – 100+ mg/L 0.1 – 400+ % saturation
Accuracy	+/- 0.05 mg/L
Response time	1 reading per sec
Supported probes	Any galvanic probe
Calibration	1 or 2 point
Temperature, salinity and pressure compensation	Yes
Data protocol	UART & I²C
Default I²C address	97 (0x61)
Operating voltage	3.3V – 5V
Data format	ASCII

WARRANTY PROTECTION
This is a warranty document. Check back for updates.

Operating principle

The Atlas Scientific™ EZO™ Dissolved Oxygen circuit works with:

- ☒ Optical probe: Slow response, requires external power, expensive.
- ☒ Polarographic probe: Requires external power, output in pH.
- ☒ Galvanic probe: Requires no external power, output in mV.

A galvanic dissolved oxygen probe consists of a Polytetrafluoroethylene membrane, an anode bathed in an electrolyte and a cathode. Oxygen molecules diffuse through the probe's membrane at a constant rate (without the membrane the reaction happens too quickly). Once the oxygen molecules have crossed the membrane they are reduced at the cathode and a small voltage is produced. If no oxygen molecules are present, the probe will output 0 mV. As the oxygen increases so does the mV output from the probe. Each probe will output a different voltage in the presence of oxygen. The only thing that is constant is that **0mV = 0 Oxygen**. A galvanic dissolved oxygen probe can also be used to detect the Oxygen content in gases.

Flow Dependence

One of the drawbacks from using a galvanic probe is that it consumes a **VERY** small amount of the oxygen it reads. Therefore a small amount of water movement is necessary to take accurate readings. **Approximately 60 ml/min.**

Copyright © Atlas Scientific LLC

AtlasScientific
Environmental Robotics
V 3.1

Dissolved Oxygen Probe

Reads	Dissolved Oxygen
Range	0 – 100 mg/L
Accuracy	+/- 0.05 mg/L
Response time	-0.3 mg/L/per sec
Max pressure	3,447 kPa (500 PSI)
Max depth	343 meters (1,125 ft)
Temperature range °C	1 – 50 °C
Cable length	1 meter
Internal temperature sensor	No
Time before recalibration	~1 Year
Life expectancy	5 Years +
Maintenance	~18 Months

RoHS

Specifications

Max depth	343 meters (1,125 ft)
Cable length	1 meter
Weight	32 grams
Sensitivity	-0.3 mg/L/per sec
Dimensions	16.3mm x 116mm (0.6" x 4.6")
BNC connector	Yes
Membrane type	Teflon
Sealant	Chemical only
Food safe	Yes

Typical Applications

- Standard Lab use
- Field use
- Hydroponics
- Fish keeping
- Wine making
- Environmental monitoring

This Dissolved Oxygen probe can be **fully submerged** in fresh or salt water, up to the BNC connector **indefinitely**.

Copyright © Atlas Scientific LLC

Especificaciones del sensor de PH

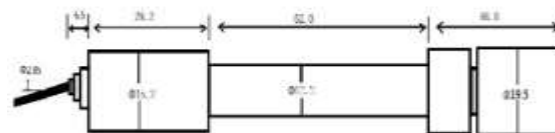
Introduction



Need to measure water quality and other parameters but haven't got any low cost pH meter? Find it difficult to use with [Arduino](#)? Here comes an analog pH meter, specially designed for [Arduino controllers](#) and has built-in simple, convenient and practical connection and features. It has an LED which works as the Power Indicator, a BNC connector and PH2.0 sensor interface. To use it, just connect the pH sensor with BNC connector; and plug the PH2.0 interface into the analog input port of any [Arduino controller](#). If pre-programmed, you will get the pH value easily. Comes in compact plastic box with foams for better mobile storage. Attention: In order to ensure the accuracy of the pH probe, you need to use the standard solution to calibrate it regularly. Generally, the period is about half a year. If you measure the dirty aqueous solution, you need to increase the frequency of calibration.

Board Overview

pH Electrode Size



pH Electrode Characteristics

The output of pH electrode is Millivolts, and the pH value of the relationship is shown as follows (25 °C):

VOLTAGE (mV)	pH value	VOLTAGE (mV)	pH value
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Applications

- Water quality testing
- Aquaculture

Specification

- Module Power : 5.00V
- Module Size : 43mm×32mm
- Measuring Range:0-14PH
- Measuring Temperature :0-60 °C
- Accuracy : ± 0.1pH (25 °C)
- Response Time : ≤ 1min
- pH Sensor with BNC Connector
- PH2.0 Interface (3 foot patch)
- Gain Adjustment Potentiometer
- Power Indicator LED
- Cable Length from sensor to BNC connector:660mm

Step to Use the pH Meter

Cautions:

- Please use an external switching power supply and the voltage as close as possible to the +5.00V. More accurate the voltage, more higher the accuracy!
- Before the electrode in continuous use every time you need to calibrate it by the standard solution, in order to obtain more accurate results. The best environment temperature is about 25 °C, and the pH value is known and reliable, close to the measured value. If you measure the acidic sample, the pH value of the standard solution should be 4.00; if you measure the alkaline sample, the pH value of the standard solution should be 9.18. Subsection calibration, just in order to get a better accuracy.
- Before the pH electrode measured different solutions, we need to use water to wash it. We recommend using deionized water.

*** (1) *** Connect equipments according to the graphic that is the pH electrode is connected to the BNC connector on the pH meter board, and then use the connection lines the pH meter board is connected to the analog port 0 of the [Arduino controller](#). When the Arduino controller gets power you will see the blue LED on board is on. *** (2) *** Upload the sample code to the Arduino controller. *** (3) *** Put the pH electrode into the standard solution whose pH value is 7.00, or directly shorted the input of the BNC connector. Open the serial monitor of the Arduino IDE, you can see the pH value printed on it, and the error does not exceed 0.3. Record the pH value printed, then compared with 7.00, and the difference should be changed into the "Offset" in the sample code. For example, the pH value printed is 6.88, so the difference is 0.12. You should change the "# define Offset 0.00" into "# define Offset 0.12" in your program. *** (4) *** Put the pH electrode into the pH standard solution whose value is 4.00. Then wait about one minute, adjust the gain potential device, let the value stabilise at around 4.00. At this

Especificaciones del sensor de Conductividad



Environmental Robotics
V3.4
November 2010

EZO-EC™

Embedded Conductivity Circuit

<p>Reads:</p> <p>Conductivity = $\mu S/cm$ Total dissolved solids = ppm Salinity = PSU/psu Specific gravity <i>(sea water only)</i> = 1.00 – 1.200</p> <p>Range: 0.07 – 500,000+ $\mu S/cm$</p> <p>Accuracy: +/- 2%</p> <p>Response time: 1 reading per sec</p> <p>Supported probes: K 0.1 – K 10 any brand</p> <p>Calibration: 1 or 2 point</p> <p>Temp compensation: Yes</p> <p>Data protocol: UART & I²C</p> <p>Default I²C address: 100 (0x64)</p> <p>Operating voltage: 3.3V – 5V</p> <p>Data format: ASCII</p>	 <p>EC EZO™</p>
---	--



PATENT PROTECTED

© 2010 Atlas Scientific

This is an unlicensed demo unit. Please do not use for production.

EZO™ circuit dimensions

The diagram shows a top-down view of the EZO™ circuit board. Key dimensions are indicated with dimension lines and text:

- Top width:** 13.97mm (0.55")
- Right height:** 20.16mm (0.79")
- Bottom left width:** 5.8mm (0.22")
- Bottom center width:** 8.38mm (0.32")
- Bottom right width:** 10.8mm (0.4")
- Bottom hole diameter:** 1mm Ø

Component labels on the board include: GND, TX, RX, IC, VCC, PMS, PMS, and the EZO™ logo.

Power consumption

	LED	MAX	STANDBY	SLEEP
3V	ON	30 mA	18.14 µA	0.7 µA
	OFF	0 µA	13.44 µA	-
3.3V	ON	30 mA	18.05 µA	0.6 µA
	OFF	0 µA	13.55 µA	-

Absolute max ratings

Parameter	MIN	TYP	MAX
Storage temperature EZO™ Conduimetry	-65 °C	-	155 °C
Operating temperature EZO™ Conduimetry	-40 °C	25 °C	125 °C
VCC	3.3V	3V	3.3V

4 Copyright © Atlas Scientific LLC

Atlas Scientific
Innovative Measurement Solutions



Atlas Scientific

Environmental Robotics

V 3.0

Conductivity Probe K 10

Platinum

Reads	Conductivity
Range	10 $\mu\text{S/cm}$ – 1 S
Accuracy	+/- 2%
Response time	90% in 1s
Max pressure	200 PSI
Max depth	60m (197 ft)
Temperature range °C	1 – 110 °C
Cable length	1 meter
Internal temperature sensor	No
Time before recalibration	~ 10 years
Life expectancy	~ 10 years
Maintenance	N/A





Specifications

4-10	10 µS/cm ~ 1S
Max depth	40m (131 ft)
Cable length	1 meter
Weight	51 grams
Measuring surface	Platinum
Dimensions	12mm x 152mm (0.47" x 6")
BNC connector	Yes
Storage temp	Chemical only
Food safe	Yes

Typical Applications

- Standard lab use
- Field use
- Aquacult
- Hydroponics
- Fish keeping
- Shrimp hatcheries/aquac
- Samples containing heavy metals
- Soil Samples
- Strong reducing agents

This Conductivity probe can be **fully submerged** in fresh or salt water, up to the BNC connector **indefinitely**.

Especificaciones del sensor de ORP

Introduction

- Want to DIY an ORP meter? Need to measure the ORP value? Find it difficult to use with Arduino? Here comes an analog ORP meter, specially designed for Arduino controllers and has built-in simple, convenient and practical connection and features. When done the connection according to the diagram, then with the program control, it's very convenient to measure the ORP.
- ORP (Oxidation-Reduction Potential) is a measure of the ability of oxidation and reduction of aqueous solution, characterization of the relative degree of oxidizing or reducing. The unit is mV. Oxidation reduction potential is high, oxidation is stronger, while the potential is lower, oxidation is weaker. The positive potential means that solution shows a certain degree of oxidation, while the negative potential means that solution shows a certain degree of reduction.
- ORP is an important index of water quality detection, although it can not separate water quality independently, but can be combined with other water quality index to reflect the ecological environment in the aquarium system.
- The measuring element is an ORP composite electrode, made of gold or platinum electrode and the reference electrode, assembly into a composite electrode. It used to measure Oxidation-Reduction Potential of the solution.

Applications

- Water quality testing
- Aquaculture

Step to Use the ORP Meter

Cautions:

- Please use an external switching power supply and the voltage as close as possible to the +5.00V. More accurate the voltage, more higher the accuracy.
 - Using the ORP electrode is without calibration, so it can be used directly. Only when you doubt the ORP electrode quality or test results, you should use the ORP standard solution to check the electrode potential to determine the ORP electrode or instrument quality.
 - Before the ORP electrode measured different solutions, we need to wash it, and deionized water is recommended.
 - When the ORP probe is connected to the ORP meter board, please do not press the calibration button. Or, the ORP probe may be damaged!
- Use the analog connection lines, the ORP meter board is connected to the analog port 1 of the Arduino controller. When the Arduino controller gets power, you will see the blue LED on board is on.
 - Upload the sample code to the Arduino controller. (Note: At this time, a sentence in the sample program should be "#define OFFSET 0").
 - Open the serial monitor of Arduino IDE, you will see the current ORP value. Press the calibration button and keep it pressed, you will see a small ORP value printed on the serial monitor. Then according to this value, modify the offset in the sample program. For example, the serial print: "ORP: 8mV", then you should modify the sentence "#define OFFSET 0" to "#define OFFSET 8" in the sample code, then recompile the code and upload. At this time, you have completed the calibration.
 - According to the graphic, the ORP electrode is connected to the BNC connector on the pH meter board. After the calibration, the ORP electrode can measure the ORP value of the solution, through the serial monitor, you can see the current ORP value of the solution conveniently.

Specification

- Module Power: +5.00V
- Module Size: 40mmx27mm
- Measuring Range: -2000mV~2000mV
- Suitable Temperature: 5~70°C
- Accuracy: $\pm 10\text{mV}$ (25°C)
- Response Time: $\leq 20\text{sec}$
- ORP Probe with BNC Connector
- PH2.0 Interface (3 foot patch)
- Zero calibration button
- Power Indicator LED

ORP Standard Solution Temperature Characteristics

222mV \pm 15mV (25°C)
(3.5mol/L KCL)

°C	mV	°C	mV
10	242	30	215
15	235	35	209
20	227	38	205
25	222	40	201

Precautions

- Before and after measurement, it is necessary to use deionized water to wash the electrode, in order to ensure the measurement precision. When measured in thick samples, you should wash the electrode with hot deionized water repeatedly rinsed several times, to remove sticky in the platinum sheet specimen.
- It will occur the passivation when the electrode has been used for a long time. The phenomenon is sensitive gradient decreasing, slow response, reading data is not accurate. At this time, you should immerse the bottom electrode platinum sheet into 0.1M hydrochloric acid for 24 hours.
- Electrode pollution or the liquid junction jam also can make the electrode passivation. At this time, you should select the appropriate cleaning solution based on the nature of the pollutant.
- The electrode using cycle is about one year. After aging, it should be replaced with a new electrode in a timely manner.

Anexo B: Programación del prototipo de red.

Programación en Arduino del Módulo Recolector de Datos y del Módulo de Transmisión.

🔗 alertas_sms Arduino 1.6.7

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```

alertas_sms
#include <SoftwareSerial.h>

//puertos seriales
#define cond_rx 4
#define cond_tx 5
SoftwareSerial cond_serial(cond_rx, cond_tx);
#define odrx 2
#define odtx 3
SoftwareSerial od_serial(odrx, odtx);
SoftwareSerial GSM900(7,8);
//Variables OD
char od_data[20];
char od_computerdata[20];
byte od_received_computer=0;
byte od_received_sensor=0;
byte od_startup=0;
float OD=0;
byte od_string_received=0;

//variables EC
char ec_data[20];
char ec_computerdata[20];
byte ec_received_computer=0;
byte ec_received_sensor=0;
byte ec_startup=0;
float EC=0;
byte ec_string_received=0;

//VARIABLES NIVEL DE AGUA
const int pwPin = 10;
long pulse, inches, cm;

// VARIABLES PH
#define sensorph A0 //salida del sensor (analogica)-entrada A0 arduino
float pHValue;
unsigned long int avgValue; //promedio medicion del sensor
int buf[10],temp;

//VARIABLES CRP
#define samplingInterval 10
#define crpPin A1 //crp meter output, connect to Arduino controller ADC pin
#define OFFSET 28
#define arrayLenth 40 //times of collection
double CRP_Value;
int CRP_Array[arrayLenth];
int CRP_ArrayIndex=0;
int data_point_counter=0;
#define voltage 5.00

double avergearray(int* arr, int number){
    int i;
    int max,min;
    double avg;
    long amount=0;

    if(number<=0){
        printf("Error number for the array to avraging!\n");
        return 0;
    }
    if(number<5){ //less than 5, calculated directly statistics
        for(i=0;i<number;i++){
            amount+=arr[i];
        }
        avg = amount/number;
        return avg;
    }else{
        if(arr[0]<arr[1]){
            min = arr[0];max=arr[1];
        }
    }
}
```

```

        min=arr[1];max=arr[0];
    }
    for(i=2;i<number;i++){
        if(arr[i]<min){
            amount+=min;        //arr<min
            min=arr[i];
        }else {
            if(arr[i]>max){
                amount+=max;    //arr>max
                max=arr[i];
            }else{
                amount+=arr[i]; //min<=arr<=max
            }
        } //if
    } //for
    avg = (double) amount / (number-2);
} //if
return avg;
}

String valor1;
String valor2;
String valor3;
String valor4;
String valor5;
String valor="";
void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    Serial.begin(9600);
    cond_serial.begin(9600);
    od_serial.begin(9600);
    GSM900.begin(9600);
    comandosAT();
}

void loop() {
    // put your main code here, to run repeatedly:
    ec();
    od();
    //nivel();
    //ph();
    //orp();
    valor1="CT:"+ String(EC);
    valor2="OD:"+String(OD);
    valor3="LW:"+ String(cm);
    valor4="PH:"+ String(phValue);
    valor5="ORP:"+ String(ORP_Value)+" ";
    valor=valor1+valor2+valor3+valor4+valor5;
    Serial.println(valor1);
    //http();
    delay(5000);
}

void mostrar_datos()
{
    while(GSM900.available()!=0)
void od()
{
    od_serial.listen();
    delay(1000);
    if(od_serial.available()>0){
        od_received_sensor=od_serial.readBytesUntil(13,od_data,20);
        od_data[od_received_sensor]=0;
        od_string_received=1;
    }
    od_serial.print("R\r");
    if (od_string_received==1){
        OD=atof(od_data);
        if (OD<6){
            mensaje_od();
        }
        od_string_received=0;

```

```

void ec() {
    cond_serial.listen();
    delay (1000);
    if(cond_serial.available()>0) {
        ec_received_sensor=cond_serial.readBytesUntil(13,ec_data,20);
        ec_data[ec_received_sensor]=0;
        ec_string_received=1;
    }
    cond_serial.print("R\r");
    if (ec_string_received==1){
        EC=atof(ec_data);
        if (EC<50||EC>1500){
            mensaje_ec();
        }
        ec_string_received=0;
    }
}

void ph() {
    for(int i=0;i<10;i++)          //10 muestras para suavizar el valor
    {
        buf[i]=analogRead(sensorph);
        delay(10);
    }
    for(int i=0;i<9;i++)          //ordena los valores de menor a mayor
    {
        for(int j=i+1;j<10;j++)
        {
            if(buf[i]>buf[j])
            {
                temp=buf[i];
                buf[i]=buf[j];
                buf[j]=temp;
            }
        }
    }
    avgValue=0;
    for(int i=2;i<8;i++)          //promedia 6 muestras
        avgValue+=buf[i];
    pHValue=(float)avgValue*5.0/1024/6; //convert the analog into millivolt
    pHValue=3.5*pHValue;          //convert the millivolt into pH value
    if (pHValue<6||pHValue>9){
        mensaje_ph();
    }
}

void orp() {
    static unsigned long orpTimer=millis(); //analog sampling interval
    static unsigned long printTime=millis();
    if(millis()-orpTimer > samplingInterval)
    {
        ORP_Array[ORP_ArrayIndex++]=analogRead(orpPin); //read an analog value every 20ms
        if (ORP_ArrayIndex==arrayLenth) {
            ORP_ArrayIndex=0;
        }
        ORP_Value=((30*(double)voltage*1000)-(75*averagearray(ORP_Array, arrayLenth)*1000/1024))/75-OFFSET;
        //ORP Value= ORP Value-600;
        ORP_Value=(pHValue*700)/7;
    }
}

void nivel(){
    pinMode(pwPin, INPUT); // Pin entrada del sonar

    // 147 uS por pulgada (datasheet)

    pulse = pulseIn(pwPin, HIGH);
    inches = pulse / 147;
    cm = inches * 2.54;
    if (cm>200){
        mensaje_nivel();
    }
}

```



```

void comandosAT(){
    //estado del módulo
    GSM900.println("AT");
    delay(1000);
    mostrar_datos();

    //VERIFICAR SI EL PIN DE LA SIM ESTA LISTO PARA SU USO
    GSM900.println("AT+CPIN?");
    delay(1000);
    mostrar_datos();

    //INTENSIDAD DE LA SEÑAL EN EL MODULO
    GSM900.println("AT+CSQ");
    delay(1000);
    mostrar_datos();

    //ESATADO DE REGISTRO Y ACCESO A LA RED
    GSM900.println("AT+CREG?");
    delay(1000);
    mostrar_datos();
}

void mensaje_od() {
    GSM900.print("AT+CMGF=1\r"); //Configura el modo texto para enviar o recibir mensajes
    delay(1000);
    GSM900.println("AT+CMGS=\"0995940109\""); //Numero al que vamos a enviar el mensaje
    delay(1000);
    GSM900.println("El nivel de OXÍGENO no es el adecuado"); // Texto del SMS
    delay(100);
    GSM900.println((char)26); //Comando de finalización ^Z
    delay(100);
    GSM900.println();
    delay(5000); // Esperamos un tiempo para que envíe el SMS
    //Serial.println("SMS enviado");
}

void mensaje_ec() {
    GSM900.print("AT+CMGF=1\r"); //Configura el modo texto para enviar o recibir mensajes
    delay(1000);
    GSM900.println("AT+CMGS=\"0995940109\""); //Numero al que vamos a enviar el mensaje
    delay(1000);
    GSM900.println("El nivel de CONDUCTIVIDAD no adecuado"); // Texto del SMS
    delay(100);
    GSM900.println((char)26); //Comando de finalización ^Z
    delay(100);
    GSM900.println();
    delay(60000); // Esperamos un tiempo para que envíe el SMS
    //Serial.println("SMS enviado");
}

void mensaje_ph() {


---



```

```

void mensaje_ph() {
    GSM900.print("AT+CMGF=1\r"); //Configura el modo texto para enviar o recibir mensajes
    delay(1000);
    GSM900.println("AT+CMGS=\"0995940109\""); //Numero al que vamos a enviar el mensaje
    delay(1000);
    GSM900.println("pH no adecuado"); // Texto del SMS
    delay(100);
    GSM900.println((char)26); //Comando de finalización ^Z
    delay(100);
    GSM900.println();
    delay(15000); // Esperamos un tiempo para que envíe el SMS
    //Serial.println("SMS enviado");
}

void mensaje_nivel() {
    GSM900.print("AT+CMGF=1\r"); //Configura el modo texto para enviar o recibir mensajes
    delay(1000);
    GSM900.println("AT+CMGS=\"0995940109\""); //Numero al que vamos a enviar el mensaje
    delay(1000);
    GSM900.println("Abrir las válvulas para llenar el tanque"); // Texto del SMS
    delay(100);
    GSM900.println((char)26); //Comando de finalización ^Z
    delay(100);
    GSM900.println();
    delay(5000); // Esperamos un tiempo para que envíe el SMS
    //Serial.println("SMS enviado");
}

```

Anexo C: Programación en json de la página web

```
1
2 Microsoft Visual Studio Solution File, Format Version 12.00
3 # Visual Studio 14
4 VisualStudioVersion = 14.0.25420.1
5 MinimumVisualStudioVersion = 10.0.40219.1
6 Project("{FAE04EC8-301F-11D3-BF4B-00C04F79EFBC}") = "WaterMonitoringSystemApp", "WaterMonitoringSystemApp\WaterMonitoringSystemApp.csproj", "{60795754-D855-4338-BA56-11D3-BF4B-00C04F79EFBC}"
7 EndProject
8 Project("{FAE04EC8-301F-11D3-BF4B-00C04F79EFBC}") = "DataAccessLayer", "DataAccessLayer\DataAccessLayer.csproj", "{60795754-D855-4338-BA56-11D3-BF4B-00C04F79EFBC}"
9 EndProject
10 Project("{FAE04EC8-301F-11D3-BF4B-00C04F79EFBC}") = "ModelSGH", "ModelSGH\ModelSGH.csproj", "{8A5A641C-3C1A-4A19-B7C1-BA9444CF6261}"
11 EndProject
12 Global
13     GlobalSection(SolutionConfigurationPlatforms) = preSolution
14         Debug|Any CPU = Debug|Any CPU
15         Release|Any CPU = Release|Any CPU
16     EndGlobalSection
17     GlobalSection(ProjectConfigurationPlatforms) = postSolution
18         {CCC46439-CA4D-4827-A374-12C9AC6648F9}.Debug|Any CPU.ActiveCfg = Debug|Any CPU
19         {CCC46439-CA4D-4827-A374-12C9AC6648F9}.Debug|Any CPU.Build.0 = Debug|Any CPU
20         {CCC46439-CA4D-4827-A374-12C9AC6648F9}.Release|Any CPU.ActiveCfg = Release|Any CPU
21         {CCC46439-CA4D-4827-A374-12C9AC6648F9}.Release|Any CPU.Build.0 = Release|Any CPU
22         {60795754-D855-4338-BA56-578A7A3A832C}.Debug|Any CPU.ActiveCfg = Debug|Any CPU
23         {60795754-D855-4338-BA56-578A7A3A832C}.Debug|Any CPU.Build.0 = Debug|Any CPU
24         {60795754-D855-4338-BA56-578A7A3A832C}.Release|Any CPU.ActiveCfg = Release|Any CPU
25         {60795754-D855-4338-BA56-578A7A3A832C}.Release|Any CPU.Build.0 = Release|Any CPU
26         {8A5A641C-3C1A-4A19-B7C1-BA9444CF6261}.Debug|Any CPU.ActiveCfg = Debug|Any CPU
27         {8A5A641C-3C1A-4A19-B7C1-BA9444CF6261}.Debug|Any CPU.Build.0 = Debug|Any CPU
28         {8A5A641C-3C1A-4A19-B7C1-BA9444CF6261}.Release|Any CPU.ActiveCfg = Release|Any CPU
29         {8A5A641C-3C1A-4A19-B7C1-BA9444CF6261}.Release|Any CPU.Build.0 = Release|Any CPU
30     EndGlobalSection
31     GlobalSection(SolutionProperties) = preSolution
32         WideSolutionMode = FALSE
33     EndGlobalSection
34 EndGlobal
```

Treatment Unit

```
1 using System;
2 using System.Collections.Generic;
3 using System.ComponentModel.DataAnnotations;
4 using System.Linq;
5 using System.Text;
6 using System.Threading.Tasks;
7
8 namespace ModelSGH
9 {
10     public class TreatmentUnitOTO
11     {
12         [Key]
13         public int Id_Tu { get; set; }
14
15         [Display(Name = "Código UT,")]
16         public string Cod_Tu { get; set; }
17
18         [Display(Name = "Descripción")]
19         [Required(ErrorMessage = "Ingrese la descripción")]
20         public string Description { get; set; }
21
22         [Display(Name = "Dirección")]
23         public string Address { get; set; }
24
25         [Display(Name = "Latitud")]
26         public decimal Latitude { get; set; }
27
28         [Display(Name = "Longitud")]
29         public decimal Longitude { get; set; }
30
31         [Display(Name = "Capacidad")]
32         public float Capacity { get; set; }
33     }
34 }
```

```

33
34         public List<EquipmentDTO> Equipments { get; set; }
35         public bool active { get; set; }
36
37     }
38 }

```

Equipment

```

1  using System;
2  using System.Collections.Generic;
3  using System.ComponentModel.DataAnnotations;
4  using System.Linq;
5  using System.Text;
6  using System.Threading.Tasks;
7
8  namespace ModelsSGH
9  {
10     public class EquipmentDTO
11     {
12         [Key]
13         public int Id_Equipment { get; set; }
14
15         [Display(Name = "Código EQ.")]
16         public string Cod_Equipment { get; set; }
17
18         [Display(Name = "Unidad de Tratamiento")]
19         [Required(ErrorMessage = "Elija la Unidad de Tratamiento")]
20         public int Id_Tu { get; set; }
21
22         [Display(Name = "Medida")]
23         public string Size { get; set; }
24
25         [Display(Name = "Descripción")]
26         [StringLength(50, MinimumLength = 1, ErrorMessage = "{0} tiene que estar entre {2} y {1} caracteres.")]
27         [Required(ErrorMessage = "Debe ingresar un descripción")]
28         public string Description { get; set; }
29
30         [Display(Name = "Color")]
31         [Required(ErrorMessage = "Ingresa el color de equipo")]
32         public string Color { get; set; }
33
34         [Display(Name = "Posición")]
35         [StringLength(20, MinimumLength = 1, ErrorMessage = "{0} tiene que estar entre {2} y {1} caracteres.")]
36         [Required(ErrorMessage = "Defina el lugar de ubicación el dispositivo")]
37         public string Position { get; set; }
38
39         [Display(Name = "Código UT.")]
40         public TreatmentUnitDTO treatmentUnitDto { get; set; }
41
42         public bool active { get; set; }
43         public IEnumerable<TreatmentUnitDTO> LstUnitTreatment { get; set; }
44         public List<ComponentDTO> LstComponent { get; set; }
45
46     }
47 }

```

Component

```

1 using System;
2 using System.Collections.Generic;
3 using System.ComponentModel.DataAnnotations;
4 using System.Linq;
5 using System.Text;
6 using System.Threading.Tasks;
7
8 namespace ModelSGH
9 {
10     public class ComponentDTO
11     {
12         [Key]
13         public int Id_Component { get; set; }
14         public int Id_Equipment { get; set; }
15         [Display(Name = "Codigo COM.")]
16         public string Cod_Component { get; set; }
17         [Display(Name = "Descripción")]
18         [Required(ErrorMessage = "La descripción es obligatoria")]
19         [StringLength(100, MinimumLength = 1, ErrorMessage = "{0} tiene que estar entre (1) y (1) caracteres.")]
20         public string Description { get; set; }
21         [Display(Name = "Serie")]
22         public string Series { get; set; }
23         [Display(Name = "Marca")]
24         public string Mark { get; set; }
25         [Display(Name = "Material")]
26         public string Material { get; set; }
27         [Display(Name = "Utilidad")]
28         public string Utility { get; set; }
29         public bool active { get; set; }
30         public EquipmentDTO EquipmentDTO { get; set; }
31         public List<EquipmentDTO> ListEquipment { get; set; }
32     }

```

FlowDataSensors

```

5 // Los cambios manuales en este archivo pueden causar un comportamiento inesperado de la aplicación.
6 // Los cambios manuales en este archivo se sobrescribirán si se regenera el código.
7 // </auto-generated>
8 //-----
9
10 namespace DataAccessLayer
11 {
12     using System;
13     using System.Collections.Generic;
14
15     public partial class FlowDataSensors
16     {
17         public int Id { get; set; }
18         public decimal Data_Sensor_PH { get; set; }
19         public decimal Data_Sensor_ORP { get; set; }
20         public decimal Data_Sensor_DISSOLVED_OXYGEN { get; set; }
21         public decimal Data_Sensor_CONDUCTIVITY { get; set; }
22         public decimal Data_Sensor_WATER_LEVEL { get; set; }
23         public Nullable<System.DateTime> Date_Register { get; set; }
24         public Nullable<int> Id_Equipment { get; set; }
25
26         public virtual Equipment Equipment { get; set; }
27     }
28 }

```

Reports.cs

```

1 using iTextSharp.text;
2 using iTextSharp.text.pdf;
3 using ModelsSWM;
4 using System;
5 using System.Collections.Generic;
6 using System.IO;
7 using System.Linq;
8 using System.Web;
9
10 namespace WaterMonitoringSystemApp.Reports
11 {
12     public class DataSensorsReport
13     {
14         #region Declaration
15         int _totalColumns = 7;
16         Document _document;
17         Font _fontStyle;
18         PdfPTable _pdfTable = new PdfPTable(7);
19         PdfPCell _pdfCell;
20         MemoryStream _memoryStream = new MemoryStream();
21         List<DataFlowSensorsDTO> _lstDataFlowSen = new List<DataFlowSensorsDTO>();
22         #endregion
23
24         public byte[] PrepareReport(List<DataFlowSensorsDTO> lstDataFlowSen, string dateSince, string dateUntil, EquipmentDTO equip
25             _lstDataFlowSen = lstDataFlowSen;
26
27         #region
28         _document = new Document(PageSize.A4, 0f, 0f, 0f, 0f);
29         _document.SetPageSize(PageSize.A4);
30         _document.SetMargins(20f, 20f, 20f, 20f);
31         _pdfTable.WidthPercentage = 100;
32         _pdfTable.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_LEFT;
33
34         _fontStyle = FontFactory.GetFont("Tahoma", 0f, 1);
35         PdfWriter.GetInstance(_document, _memoryStream);
36         _document.Open();
37         _pdfTable.SetWidths(new float[] { 10f, 20f, 20f, 20f, 20f, 20f, 30f });
38         #endregion
39
40         this.ReportHeader(dateSince, dateUntil, equipment);
41         this.ReportBody();
42         _pdfTable.HeaderRows = 4;
43         _document.Add(_pdfTable);
44         _document.Close();
45         return _memoryStream.ToArray();
46     }
47
48     private void ReportHeader(string dateSince, string dateUntil, EquipmentDTO equipment) {
49         _fontStyle = FontFactory.GetFont("Tahoma", 11f, 1);
50         _pdfCell = new PdfPCell(new Phrase("SALA SUPERVISOR DE AGUA POTABLE CON RED INALÁMBRICA"));
51         _pdfCell.Colspan = _totalColumns;
52         _pdfCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
53         _pdfCell.Border = 0;
54         _pdfCell.BackgroundColor = BaseColor.WHITE;
55         _pdfCell.ExtraParagraphSpace = 0;
56         _pdfTable.AddCell(_pdfCell);
57
58         _fontStyle = FontFactory.GetFont("Tahoma", 0f, 1);
59         _pdfCell = new PdfPCell(new Phrase("Equipo: " + equipment.Cod_Equipment + " Descripción: " + equipment.Description));
60         _pdfCell.Colspan = _totalColumns;
61         _pdfCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
62         _pdfCell.Border = 0;
63         _pdfCell.BackgroundColor = BaseColor.WHITE;
64         _pdfCell.ExtraParagraphSpace = 0;
65         _pdfTable.AddCell(_pdfCell);
66
67         _fontStyle = FontFactory.GetFont("Tahoma", 7f, 1);
68         _pdfCell = new PdfPCell(new Phrase("Análisis desde: " + dateSince + " hasta: " + dateUntil));
69         _pdfCell.Colspan = _totalColumns;
70         _pdfCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_LEFT;
71         _pdfCell.Border = 0;
72         _pdfCell.BackgroundColor = BaseColor.WHITE;
73         _pdfCell.ExtraParagraphSpace = 0;
74         _pdfTable.AddCell(_pdfCell);

```

```

75         _fontStyle = FontFactory.GetFont("Tahoma", 9f, 1);
76         _pdfPCell = new PdfPCell(new Phrase(" "));
77         _pdfPCell.Colspan = _totalColumns;
78         _pdfPCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_LEFT;
79         _pdfPCell.Border = 0;
80         _pdfPCell.BackgroundColor = BaseColor.WHITE;
81         _pdfPCell.ExtraParagraphSpace = 0;
82         _pdfTable.AddCell(_pdfPCell);
83
84
85     }
86
87     private void ReportBody() {
88
89         #region table header
90         _fontStyle = FontFactory.GetFont("Tahoma", 8f, 1);
91         _pdfPCell = new PdfPCell(new Phrase("Nº", _fontStyle));
92         _pdfPCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
93         _pdfPCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
94         _pdfPCell.BackgroundColor = BaseColor.LIGHT_GRAY;
95         _pdfTable.AddCell(_pdfPCell);
96
97         _fontStyle = FontFactory.GetFont("Tahoma", 8f, 1);
98         _pdfPCell = new PdfPCell(new Phrase("Sensor P.H.", _fontStyle));
99         _pdfPCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
100        _pdfPCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
101        _pdfPCell.BackgroundColor = BaseColor.LIGHT_GRAY;
102        _pdfTable.AddCell(_pdfPCell);
103
104        _fontStyle = FontFactory.GetFont("Tahoma", 8f, 1);
105        _pdfPCell = new PdfPCell(new Phrase("Sensor Nivel Agua", _fontStyle));
106        _pdfPCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
107        _pdfPCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
108        _pdfPCell.BackgroundColor = BaseColor.LIGHT_GRAY;
109        _pdfTable.AddCell(_pdfPCell);
110
111        _fontStyle = FontFactory.GetFont("Tahoma", 8f, 1);
112        _pdfPCell = new PdfPCell(new Phrase("Sensor O.D.", _fontStyle));
113        _pdfPCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
114        _pdfPCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
115        _pdfPCell.BackgroundColor = BaseColor.LIGHT_GRAY;
116        _pdfTable.AddCell(_pdfPCell);
117
118        _fontStyle = FontFactory.GetFont("Tahoma", 8f, 1);
119        _pdfPCell = new PdfPCell(new Phrase("Sensor Conduc.", _fontStyle));
120        _pdfPCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
121        _pdfPCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
122        _pdfPCell.BackgroundColor = BaseColor.LIGHT_GRAY;
123        _pdfTable.AddCell(_pdfPCell);
124
125        _fontStyle = FontFactory.GetFont("Tahoma", 8f, 1);
126        _pdfPCell = new PdfPCell(new Phrase("Sensor O.R.P", _fontStyle));
127        _pdfPCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
128        _pdfPCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
129        _pdfPCell.BackgroundColor = BaseColor.LIGHT_GRAY;
130        _pdfTable.AddCell(_pdfPCell);
131
132        _fontStyle = FontFactory.GetFont("Tahoma", 8f, 1);
133        _pdfPCell = new PdfPCell(new Phrase("Fecha registro", _fontStyle));
134        _pdfPCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
135        _pdfPCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
136        _pdfPCell.BackgroundColor = BaseColor.LIGHT_GRAY;
137        _pdfTable.AddCell(_pdfPCell);
138        _pdfTable.CompleteRow();
139        #endregion
140
141        _fontStyle = FontFactory.GetFont("Tahoma", 8f, 0);
142        int serialNumber = 0;
143        foreach (var dfs in _lstDataFlowSen) {

```

```

145     _pdfCell = new PdfPCell(new Phrase(serialNumber++.ToString(), _fontStyle));
146     _pdfCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
147     _pdfCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
148     _pdfCell.BackgroundColor = BaseColor.WHITE;
149     _pdfTable.AddCell(_pdfCell);
150
151     _pdfCell = new PdfPCell(new Phrase(dfz.Data_Sensor_PH.ToString(), _fontStyle));
152     _pdfCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
153     _pdfCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
154     _pdfCell.BackgroundColor = BaseColor.WHITE;
155     _pdfTable.AddCell(_pdfCell);
156
157     _pdfCell = new PdfPCell(new Phrase(dfz.Data_Sensor_WL.ToString(), _fontStyle));
158     _pdfCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
159     _pdfCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
160     _pdfCell.BackgroundColor = BaseColor.WHITE;
161     _pdfTable.AddCell(_pdfCell);
162
163     _pdfCell = new PdfPCell(new Phrase(dfz.Data_Sensor_OD.ToString(), _fontStyle));
164     _pdfCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
165     _pdfCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
166     _pdfCell.BackgroundColor = BaseColor.WHITE;
167     _pdfTable.AddCell(_pdfCell);
168
169     _pdfCell = new PdfPCell(new Phrase(dfz.Data_Sensor_CT.ToString(), _fontStyle));
170     _pdfCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
171     _pdfCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
172     _pdfCell.BackgroundColor = BaseColor.WHITE;
173     _pdfTable.AddCell(_pdfCell);
174
175
176     _pdfCell = new PdfPCell(new Phrase(dfz.Data_Sensor_ONP.ToString(), _fontStyle));
177     _pdfCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
178     _pdfCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
179     _pdfCell.BackgroundColor = BaseColor.WHITE;
180     _pdfTable.AddCell(_pdfCell);
181
182     _pdfCell = new PdfPCell(new Phrase(dfz.Data_Register.ToString(), _fontStyle));
183     _pdfCell.HorizontalAlignment = Element.ALIGN_CENTER;
184     _pdfCell.VerticalAlignment = Element.ALIGN_MIDDLE;
185     _pdfCell.BackgroundColor = BaseColor.WHITE;
186     _pdfTable.AddCell(_pdfCell);
187
188     _pdfTable.CompleteRow();
189 }
190
191 }
192
193 }

```



```

1 //-----
2 // <auto-generated>
3 // Este código se generó a partir de una plantilla.
4 //
5 // Los cambios manuales en este archivo pueden causar un comportamiento inesperado de la aplicación.
6 // Los cambios manuales en este archivo se sobrescribirán si se regenera el código.
7 // </auto-generated>
8 //-----
9
10 namespace DataAccessLayer
11 {
12     using System;
13     using System.Collections.Generic;
14
15     public partial class Equipment
16     {
17         public Equipment()
18         {
19             this.Component = new HashSet<Component>();
20             this.FlowDataSensors = new HashSet<FlowDataSensors>();
21         }
22
23         public int Id_Equipment { get; set; }
24         public string Cod_Equipment { get; set; }
25         public Nullable<int> Id_Tu { get; set; }
26         public string Size { get; set; }
27         public string Description { get; set; }
28         public string Color { get; set; }
29         public string Position { get; set; }
30         public Nullable<bool> active { get; set; }
31
32         public virtual ICollection<Component> Component { get; set; }
33         public virtual TreatmentUnit TreatmentUnit { get; set; }
34         public virtual ICollection<FlowDataSensors> FlowDataSensors { get; set; }
35     }
36
37 //-----
38 // <auto-generated>
39 // Este código se generó a partir de una plantilla.
40 //
41 // Los cambios manuales en este archivo pueden causar un comportamiento inesperado de la aplicación.
42 // Los cambios manuales en este archivo se sobrescribirán si se regenera el código.
43 // </auto-generated>
44 //-----
45
46 namespace DataAccessLayer
47 {
48     using System;
49     using System.Collections.Generic;
50
51     public partial class FlowDataSensors
52     {
53         public int Id { get; set; }
54         public decimal Data_Sensor_PH { get; set; }
55         public decimal Data_Sensor_ORP { get; set; }
56         public decimal Data_Sensor_DISOLVED_OXYGEN { get; set; }
57         public decimal Data_Sensor_CONDUCTIVITY { get; set; }
58         public decimal Data_Sensor_WATER_LEVEL { get; set; }
59         public Nullable<System.DateTime> Date_Register { get; set; }
60         public Nullable<int> Id_Equipment { get; set; }
61
62         public virtual Equipment Equipment { get; set; }
63     }
64 }

```

```

1 using System;
2 using System.Collections.Generic;
3 using System.ComponentModel.DataAnnotations;
4 using System.Linq;
5 using System.Text;
6 using System.Threading.Tasks;
7
8 namespace WaterCobis
9 {
10     public class Tratamiento
11     {
12         [Key]
13         public int ID_Tratamiento { get; set; }
14
15         [Display(Name = "Nombre eq.")]
16         public string cod_Tratamiento { get; set; }
17
18         [Display(Name = "Unidad de tratamiento")]
19         [Required(ErrorMessage = "Elige la unidad de tratamiento")]
20         public int ID_U { get; set; }
21
22         [Display(Name = "Medida")]
23         public string Size { get; set; }
24
25         [Display(Name = "Descripción")]
26         [StringLength(50, MinimumLength = 1, ErrorMessage = "[X] tiene que estar entre [1] y [5] caracteres.")]
27         [Required(ErrorMessage = "Debe ingresar un descripción")]
28         public string Description { get; set; }
29
30         [Display(Name = "Color")]
31         [Required(ErrorMessage = "Ingresa el color de equipo")]
32         public string Color { get; set; }
33
34         [Display(Name = "Pesticida")]
35         [StringLength(50, MinimumLength = 1, ErrorMessage = "[X] tiene que estar entre [1] y [5] caracteres.")]
36         [Required(ErrorMessage = "Define el tipo de abricación el abricativo")]

```

Results/ChallengeResult.cs

```

1 using System;
2 using System.Collections.Generic;
3 using System.Linq;
4 using System.Net;
5 using System.Net.Http;
6 using System.Threading;
7 using System.Threading.Tasks;
8 using System.Web.Http;
9
10 namespace WaterMonitoringSystemApp.Results
11 {
12     public class ChallengeResult : IHttpActionResult
13     {
14         public ChallengeResult(string loginProvider, ApiController controller)
15         {
16             LoginProvider = loginProvider;
17             Request = controller.Request;
18         }
19
20         public string LoginProvider { get; set; }
21         public HttpRequestMessage Request { get; set; }
22
23         public Task<HttpResponseMessage> ExecuteAsync(CancellationToken cancellationToken)
24         {
25             Request.GetOwinContext().Authentication.Challenge(LoginProvider);
26
27             HttpResponseMessage response = new HttpResponseMessage(HttpStatusCode.Unauthorized);
28             response.RequestMessage = Request;
29             return Task.FromResult(response);
30         }
31     }
32 }

```